

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA**

**O USO DA VIDEOCONFERÊNCIA VIA INTERNET NO
AUXÍLIO AO PROJETO, ASSISTIDO POR COMPUTADOR, DE
MOLDES PARA PEÇAS DE PLÁSTICO INJETADAS**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ENGENHARIA MECÂNICA**

DIOVANI CASTOLDI LENCINA

FLORIANÓPOLIS, MARÇO DE 1998.

**O USO DA VIDEOCONFERÊNCIA VIA INTERNET NO AUXÍLIO AO
PROJETO, ASSISTIDO POR COMPUTADOR, DE MOLDES PARA
PEÇAS DE PLÁSTICO INJETADAS**


DIOVANI CASTOLDI LENCINA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE


MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
FABRICAÇÃO, APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng.
ORIENTADOR


Prof. Abelardo Alves de Queiroz
COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA


Prof. Nelson Back, Ph.D.
PRESIDENTE


Prof. Aureo Campos Ferreira, Ph.D.


Prof. Lourival Bochs, Dr. Eng.

Ao meu pai Vilmar (in memorian).

À minha mãe Leonita.

À minha irmã Daiana.

À minha namorada Kelly.

A todos os amigos do CIMJECT.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO E JUSTIFICATIVAS.....	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
 2. ENGENHARIA SIMULTÂNEA	 8
2.1. INTRODUÇÃO.....	8
2.2. COMPARAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA TRADICIONAL E A ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	11
2.3. BENEFÍCIOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	18
2.4. CAMINHOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	18
2.5. REQUISITOS PARA VIABILIZAR A ENGENHARIA SIMULTÂNEA..	20
 3. VIDEOCONFERÊNCIA	 24
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	24
3.2. NÍVEIS DE VIDEOCONFERÊNCIA.....	27
3.2.1. SALA DEDICADA.....	28
3.2.2. VIDEOCONFERÊNCIA MÓVEL.....	28
3.2.3. VIDEOCONFERÊNCIA DE MESA.....	28
3.3. TECNOLOGIA ENVOLVIDA NA VIDEOCONFERÊNCIA DE MESA.....	30
3.3.1. BANDA PASSANTE.....	30
3.3.2. CLASSES DE TRÁFEGO.....	32
3.3.3. ALGORITMOS DE COMPACTAÇÃO.....	34

3.3.4.	MÉTODOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS PARA TRANSMISSÃO DE DADOS.....	35
3.3.4.1.	CHAVEAMENTO POR CIRCUITO.....	36
3.3.4.2.	CHAVEAMENTO POR PACOTES.....	37
3.3.5.	FORMAS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADAS PELOS SISTEMAS DE DVC..	37
3.3.5.1.	POTS (<i>PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE</i>).....	37
3.3.5.2.	ISDN (<i>INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK</i>).....	38
3.3.5.3.	LAN (<i>Local Area Network</i>).....	38
3.3.5.4.	INTERNET.....	43
3.3.6.	PADRÕES DE COMUNICAÇÃO E INTEROPERABILIDADE.....	43
3.3.6.1.	PADRÕES DE COMUNICAÇÃO ITU-T T.120 E H.32x.....	44
4.	TROCA DE DADOS ENTRE SISTEMAS CAx.....	46
4.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	46
4.2.	CLASSIFICAÇÃO DAS INTERFACES PARA SISTEMAS CAx.....	49
4.3.	PADRÕES FORMAIS, INDUSTRIAIS E DE FATO.....	51
4.4.	FORMATOS PARA ARQUIVO NEUTRO MAIS COMUNS.....	53
4.4.1.	IGES (<i>INITIAL GRAPHICS EXCHANGE SPECIFICATION</i>).....	53
4.4.2.	VDAIS E VDAFS.....	56
4.4.3.	DXF (<i>DATA EXCHANGE FORMAT</i>).....	57
4.4.4.	SET (<i>STANDARD D'ECHANGE ET DE TRANSFERT</i>).....	58
4.4.5.	STL.....	58
4.4.6.	STEP.....	59
4.5.	PROBLEMAS COM A TRANSFERÊNCIA DE DADOS.....	63
4.5.1.	ESPECIFICAÇÕES MAL ELABORADAS.....	63
4.5.2.	INTERFACES MAL IMPLEMENTADAS.....	64
4.5.3.	NATUREZA DOS SISTEMAS CAx.....	64
5.	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASOS UTILIZANDO UM SISTEMA DE VIDEOCONFERÊNCIA NO AUXÍLIO AO PROJETO DE MOLDES PARA PEÇAS DE PLÁSTICO INJETADAS.....	67
5.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	67
5.2.	SOFTWARES UTILIZADOS NO TRABALHO.....	70
5.2.1.	O MICROSTATION MODELER™.....	72
5.2.2.	O NETMEETING 2.0™.....	74

5.2.3.	O MOLDFLOW 9.2™.....	76
5.2.4.	O C-MOLD QUICKFILL 3D™.....	77
5.3.	HARDWARE UTILIZADO NO TRABALHO.....	78
5.4.	METODOLOGIA UTILIZADA NA ANÁLISE REOLÓGICA.....	80
5.5.	DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO UTILIZADO NO ESTUDO DE CASOS.....	83
5.5.1.	O PRIMEIRO CASO.....	84
5.5.2.	O SEGUNDO CASO.....	92
5.6.	TENTATIVA DE CONEXÃO COM A EMPRESA PORTUGUESA MOLDEMATOS.....	97
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASOS.....	98
6.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	98
6.2.	AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA DE VIDEOCONFERÊNCIA.....	99
6.2.1.	AVALIAÇÃO SEGUNDO AS MÍDIAS EMPREGADAS.....	99
6.2.2.	AVALIAÇÃO SEGUNDO O HARDWARE E CONEXÕES.....	102
6.2.3.	AVALIAÇÃO SEGUNDO ASPECTOS NÃO-TÉCNICOS.....	103
6.3.	AVALIAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO NO CAPÍTULO ANTERIOR PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASOS.....	104
6.4.1.	SISTEMÁTICA PROPOSTA.....	105
7.	CONCLUSÃO.....	110
7.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
7.2.	SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS.....	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	- Características valorizadas pelas equipes tradicionais e pelas equipes virtuais.....	10
QUADRO 2	- Quadro representativo do projeto de um molde para injeção de plástico realizado pelo CIMJECT em um ambiente de engenharia simultânea.....	17
QUADRO 3	- Benefícios trazidos pela Engenharia Simultânea (SOHLENIUS, 92).....	18
QUADRO 4	- Sensibilidade dos dados transmitidos (RETTINGER, 95).....	36
QUADRO 5	- Classificação das redes quanto ao tamanho (GROESSLER, 95)	39
QUADRO 6	- Características dos softwares de videoconferência de mesa analisados.....	72
QUADRO 7	- Cronograma de execução do estudo de casos.....	84
QUADRO 8	- Resultado da análise CAE, para o primeiro estudo de casos.....	89
QUADRO 9	- Resultado da análise CAE, para o segundo estudo de casos.....	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Relações entre a equipe virtual e os setores envolvidos no desenvolvimento do produto (AVISTAR, 97).....	9
FIGURA 2	- Cadeia de desenvolvimento do produto segundo a engenharia tradicional.....	12
FIGURA 3	- Desenvolvimento do produto segundo a engenharia simultânea.....	15
FIGURA 4	- Interconexão entre as atividades de desenvolvimento de uma peça em plástico em um ambiente de engenharia simultânea.....	16
FIGURA 5	- Classificação dos sistemas de conferência remota (AVISTAR, 97).....	26
FIGURA 6	- Velocidade de transmissão requerida para diversas mídias.....	31
FIGURA 7	- Classe de tráfego contínuo com taxa constante.....	32
FIGURA 8	- Classe de tráfego em rajadas.....	33
FIGURA 9	- Classe de tráfego contínuo com taxa variável.....	33
FIGURA 10	- Topologias de rede: (a) estrela, (b) anel, (c) barramento.....	40
FIGURA 11	- Diferença entre transferência e tradução.....	49
FIGURA 12	- Classificação das interfaces para sistemas CAX....	50
FIGURA 13	- Níveis de informação abrangidos pelo IGES e pelo STEP.....	60
FIGURA 14	- Estrutura do STEP.....	62
FIGURA 15	- Representação esquemática da informação que pode ser transferida entre dois sistemas CAX.....	63
FIGURA 16	- Esquema representativo do backbone da RNP.....	69
FIGURA 17	- Modelamento em sólido da peça selecionada para o primeiro estudo de casos.....	85
FIGURA 18	- Compartilhamento do Microstation Modeler no NetMeeting.....	86
FIGURA 19	- Modelamento da superfície média (Microstation Modeler)....	87

FIGURA 20 - Distribuição do tempo de preenchimento.....	91
FIGURA 21 - Distribuição da temperatura da peça no final da injeção.....	91
FIGURA 22 - Modelo em sólido, no Microstation, da peça selecionada para o segundo estudo de casos.....	92
FIGURA 23 - Linhas de solda da peça original (em azul).....	95
FIGURA 24 - Distribuição do tempo de preenchimento do modelo original, no segundo estudo de casos.....	96
FIGURA 25 - Distribuição do tempo de preenchimento do modelo alterado, no segundo estudo de casos.....	97

LISTA DE SIGLAS

ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BBS	Bulletin Board System
bps	bits por segundo
B-Rep	Boundary Representation
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAX	Computer Aided Anything (CAD, CAE, CAM, ...)
CBR	Constant Bit Rate
CIM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
CSG	Construtive Solid Geometry
DIN	Deutsche Industrie Normen
DOS	Disk Operating System
DVC	Desktop Videoconferencing
DXF	Data Exchange Format
E-Mail	Eletronical Mail
FEM	Finite Element Method
fps	frames per second
I/O	Input/Output
IEC	International Eletro-technical Comission
IEE	Institute of Eletrical and Eletronic Engineers
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
ILS	Internet Location Server
IMTC	International Multimedia Teleconferencing Consortium
IP	Internet Protocol
IPO	IGES/PDES Organization
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunication Union
kB	Kilobyte

kbps	kilo bits por segundo
LAN	Local Area Network
MacAuto	MacDonell Douglas Automation
MAN	Metropolitan Area Network
MB	Megabyte
Mbps	Mega bits por segundo
MCUs	Multiconferencing Units
MMX	Multi Media Extended
NBS	National Bureau of Standards
NCGA	National Computer Graphics Association
NIST	National Institute of Standards And Technology
NURBs	Non Uniform B-spline
OOP	Object-oriented Programming
OSI	Open System Interconnetion
PCS	Personal Conferencing Standard
PCWG	Personal Conferencing Work Group
POTS	Plain Old Telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
SET	Standard D'Echange et de Transfert
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TCP	Transmission Control Protocol
TSS	Telecommunication Standartization Sector
UDP	User Datagram Protocol
VBR	Variable Bit Rate
VDAFS	Verband der Deutsche Automobilindustrie Flächen Schnittstelle
VDAIS	Verband der Deutsche Automobilindustrie IGES Schnittstelle
VGA	Video Graphics Array
WAN	Wide Area Network

RESUMO

As ferramentarias do setor de moldes para injeção de plásticos têm se dedicado, nos últimos anos, à modernização do seu parque fabril através da aquisição de máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), máquinas de medição por coordenadas (MMC), máquinas de prototipagem rápida (RP), e sistemas CAE/CAD/CAM, visando atender a demanda crescente por qualidade e produtividade oriunda dos grandes e até dos pequenos clientes. Entretanto, o grande investimento nesses equipamentos não veio acompanhado por outro em sistemas de comunicação e interfaceamento entre os diversos postos de trabalho envolvidos no processo produtivo, originando as chamadas "ilhas de automação".

As grandes empresas do setor de plásticos vêm se dedicando, cada vez mais, às atividades produtivas diretas, atribuindo às pequenas empresas, atividades secundárias, mas nem por isso menos importantes, tais como o projeto e a construção do ferramental. Assim, no que tange à troca de informações entre empresas, geograficamente distantes, o problema se agrava ainda mais, já que torna-se necessário um sistema de comunicação bem desenvolvido para que o *lead-time* dos produtos seja cada vez menor.

Este trabalho avalia a utilização de um sistema de videoconferência de mesa para realizar a comunicação entre os grupos de trabalho de empresas envolvidas no projeto de um molde para injeção de plástico propondo uma sistemática para a realização desta comunicação.

ABSTRACT

The plastics injection moldmakers have, in the past years, turned to modernizing their manufacturing areas through the purchasing of numerically-controlled machines (CNC), coordinates measuring machines (CMM), rapid prototyping machines (RP) and CAE/CAD/CAM systems, aiming at supplying the growing demand for quality and productivity presented by large to small customers. In spite of the large investments in such equipment, there has been no development in communication systems and interfacing among the several workplaces involved in the production process, what has originated the so-called *automation islands*.

The large companies in the plastics area have been turning more and more to direct production activities, leaving to smaller companies secondary but no less important activities such as mold design and manufacturing. Regarding the exchange of information among geographically distant companies, the problem becomes even worse since a well-developed communication systems is required in order to reduce the products lead-time.

This work evaluates the use of a desktop videoconferencing system to establish communication among workgroups of the companies involved in a plastics injection mold design and proposes a methodology for the accomplishment of this communication.

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Há muito tempo o homem vem tentando agilizar a troca de informações. A partir da revolução industrial, surgiram várias tecnologias que melhoraram gradativamente esta troca. Em 1844, Samuel F. B. Morse inventou o telégrafo. Anos mais tarde, em 1876, Alexander Graham Bell inventou o telefone, dando início à era da comunicação digital, que foi a base para o surgimento da televisão e dos aparelhos de fax. Depois veio a tecnologia de satélite, que foi desenvolvida visando a transmissão de dados através de microondas. Embora tendo um custo elevado, a tecnologia de satélite possibilitou, pela primeira vez, a transmissão eficiente de sinais de áudio e vídeo entre regiões geograficamente muito distantes (HUDSON, 96). A era do

computador, permitiu a troca de dados compactados aumentando as taxas de transmissão e melhorando a produtividade do sistema. Mais recentemente surgiu a Internet, uma rede mundial aberta que tem apresentado um crescimento exponencial, facilitando sobremaneira o acesso aos mais diversos tipos de informação, caracterizando-se como principal símbolo da atual era da comunicação.

Fortemente inserida nesse contexto de troca de informações está a indústria de moldes (KOIKE, 95). Frente à globalização do mercado, já há algum tempo, as grandes corporações do setor de plásticos têm passado a destinar, às pequenas empresas especializadas, tarefas tais como projeto e produção de moldes, ferramental e dispositivos através do uso de sistemas CAE/CAD/CAM. Contudo para que esse processo, conhecido por terceirização, possa ser eficaz, necessita ser realizado através de um meio de comunicação ágil entre as empresas envolvidas. Apesar dos avanços tecnológicos já alcançados, no setor de plásticos este processo ainda apresenta muitas dificuldades, em especial no desenvolvimento do projeto de um molde, onde a empresa contratante envia o projeto da peça desenvolvido em CAD, pelo correio ou por mensageiro, e a contratada começa a execução do projeto do molde (KOIKE, 95). Em caso de dúvida, e elas quase sempre surgem, a troca de informações entre as empresas é predominantemente feita via telefone, ou através de contatos pessoais, quando torna-se

necessário fazer uma ou mais viagens para discutir possíveis soluções para o problema. Isto tudo se reflete em custos e principalmente em um aumento considerável no tempo de execução do projeto.

O problema da troca ágil de informações, entre as empresas do setor de moldes para plásticos, se agrava ainda mais num ambiente de engenharia simultânea, que é uma filosofia cujo objetivo principal é a obtenção, através de um desenvolvimento completamente integrado por tecnologias CAx, de produtos mais baratos e de melhor qualidade em um tempo menor, onde, para alcançar esses objetivos, torna-se necessário um sistema de comunicação bem desenvolvido. Predominantemente a dificuldade de comunicação e a complexidade dos moldes transformam a fase de projeto e fabricação do ferramental no grande gargalo do ciclo de desenvolvimento do produto através da filosofia da engenharia simultânea (KOIKE, 95).

1.2. Objetivos do trabalho e justificativas

Baseando-se no exposto, o objetivo global deste trabalho é montar um sistema de videoconferência, simulando a realização do projeto de moldes para peças de plástico injetadas entre dois grupos de trabalho distantes entre si (equipe CAD e equipe CAE). O uso da tecnologia de videoconferência deverá dar origem a uma avaliação qualitativa da sua aplicabilidade à área de moldes

para plásticos e a uma sistemática para a realização da comunicação entre os grupos de trabalho envolvidos no projeto. Adicionalmente, com o intuito de fornecer um embasamento teórico para facilitar uma posterior análise do uso da tecnologia de videoconferência como ferramenta de auxílio ao projeto, assistido por computador, de moldes para peças de plástico injetadas, este trabalho tem como objetivos específicos:

1. Desenvolver um estudo sobre a filosofia de engenharia simultânea visando apresentar uma descrição sucinta tanto dos principais conceitos associados a esta filosofia como dos requisitos para a sua implementação;
2. Fazer um levantamento do estado da arte com relação ao uso da videoconferência visando apresentar as principais tecnologias envolvidas e obter uma melhor compreensão das potencialidades da utilização de um sistema de videoconferência para a troca de informações entre empresas da área de moldes para injeção de plásticos;
3. Estudar a troca de informações entre os sistemas CAX objetivando apresentar uma descrição dos aspectos relativos a esse interfaceamento, bem como dos principais problemas relativos à transferência de arquivos entre os grupos de trabalho envolvidos no projeto de moldes para peças de plástico injetadas;

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho foi dividido em sete capítulos, começando com uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados à troca de informações auxiliada pela tecnologia de videoconferência, entre empresas distintas num ambiente de engenharia simultânea. Essa revisão bibliográfica compreende os quatro primeiros capítulos.

No **Capítulo 2** é feita uma breve descrição da filosofia de engenharia simultânea, fazendo-se uma comparação entre as equipes de trabalho tradicionais e as ditas equipes virtuais, mostrando as aptidões requeridas para estas últimas. É feita também uma comparação entre a engenharia tradicional e a engenharia simultânea, mostrando resumidamente os benefícios trazidos pela engenharia simultânea, os caminhos para sua implementação e os requisitos para torná-la viável.

Um recurso adicional para praticar a engenharia simultânea, utilizando-se equipes geograficamente distantes, é o uso da tecnologia de videoconferência. Assim, no **Capítulo 3** são abordados os aspectos que vêm forçando o desenvolvimento desta tecnologia, os diferentes sistemas de conferência remota e os níveis de videoconferência existentes, bem como os aspectos relativos à sua implantação.

O **Capítulo 4**, por sua vez, aborda os aspectos relativos ao interfaceamento entre os sistemas CAx, uma vez que duas

empresas distintas dificilmente possuem o mesmo sistema. Inicialmente é feita uma análise do problema de interfaceamento entre esses sistemas, seguindo-se uma classificação das interfaces utilizadas para a troca de dados. É efetuada também uma distinção entre os diversos padrões de interfaceamento, uma descrição dos formatos para arquivo neutro mais comuns e dos principais problemas encontrados com a transferência de dados.

Visando testar a utilização da tecnologia de videoconferência para a realização de projetos de moldes para peças plásticas, no **Capítulo 5** é descrito o desenvolvimento de estudo de casos. Inicialmente é feita uma descrição dos softwares CAx e de videoconferência utilizados para a execução do estudo de casos seguida de uma metodologia para a execução das análises dos resultados fornecidos pelo sistema CAE. É mostrada a configuração do hardware utilizado para a execução do estudo de casos e descrito o procedimento utilizado para o desenvolvimento do mesmo. O estudo abrange três casos particulares que simulam a conexão entre empresas distintas e entre departamentos dentro da rede de uma mesma empresa.

Com base no estudo de casos realizado no capítulo anterior, no **Capítulo 6** é apresentada uma análise qualitativa da possibilidade de utilização da tecnologia de videoconferência pelas pequenas e médias empresas do setor de plásticos. Posteriormente, é proposta uma sistemática para a realização do projeto de moldes para peças plásticas utilizando a tecnologia

de videoconferência.

Finalmente, no **Capítulo 7** são apresentadas as considerações finais e sugestões para novos trabalhos.

Capítulo 2 – ENGENHARIA SIMULTÂNEA

2.1. Introdução

O termo "**engenharia simultânea**", algumas vezes chamada "engenharia concorrente" ou "engenharia paralela", surgiu nos Estados Unidos no final da década de 80. É uma filosofia de trabalho onde as várias atividades de engenharia no processo de desenvolvimento e produção estão integradas e são realizadas tanto quanto possível de uma maneira paralela (SOHLENIUS, 92).

Atualmente, é possível pensar em equipes trabalhando de forma harmônica compartilhando dados e realizando transações como reuniões, notificações, planejamento do trabalho, divulgação de resultados, projeto de produtos, e assim por diante, inteiramente via redes de computadores, constituindo-se no que hoje é conhecido como **equipes virtuais** (FIGURA 1). Para a engenharia simultânea, a equipe virtual é formada por membros

relacionados às áreas envolvidas no desenvolvimento do produto, manuseando ferramentas CAx em suas áreas de trabalho privadas e publicando seus resultados em uma base de informações compartilhada. Essas equipes multidisciplinares são capazes de responder mais rapidamente às demandas do mercado pela eliminação de atividades burocráticas e pela reestruturação dos tradicionais canais de comunicação (AVISTAR, 97).

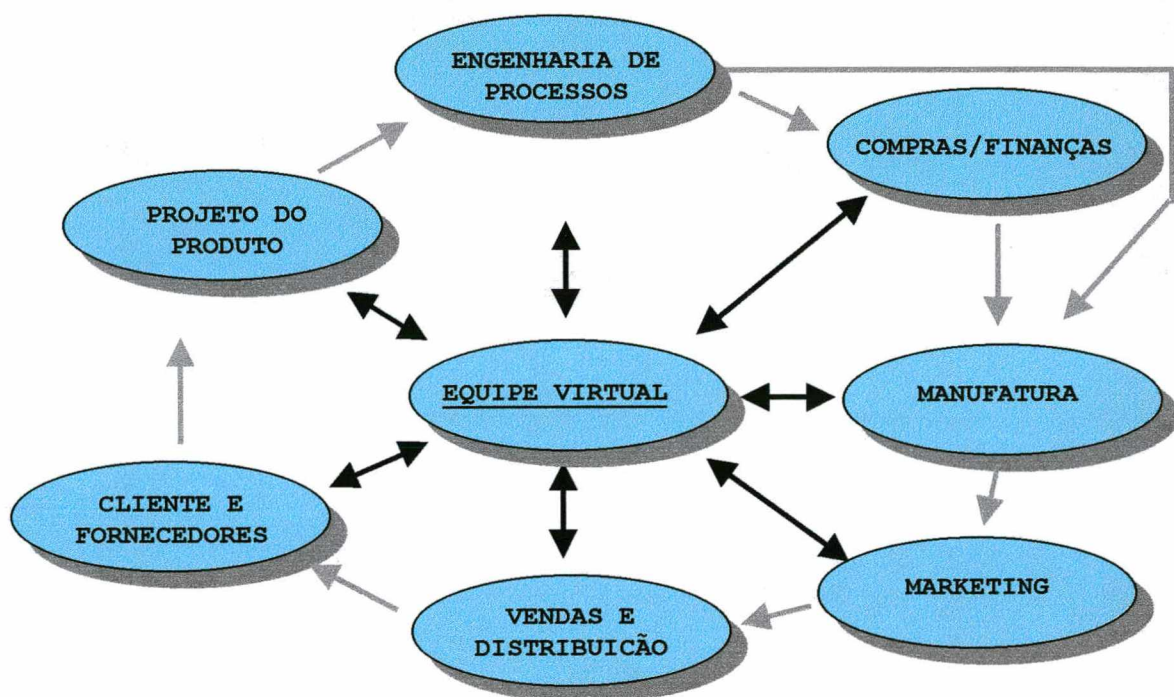


FIGURA 1 - Relações entre a equipe virtual e os setores envolvidos no desenvolvimento do produto (AVISTAR, 97).

Na medida em que as redes de computadores tornam-se mais sofisticadas e o conceito de equipes virtuais toma forma, mais essas equipes têm a sua disposição maneiras de incorporar a si o melhor membro para a execução de cada tarefa, seja qual for a sua localização geográfica (AVISTAR, 97).

Ao contrário das empresas e equipes tradicionais que enfatizam a autoridade e a hierarquia, as equipes virtuais dão

maior ênfase ao conhecimento, talento e habilidade (QUADRO 1). Buscando tomar decisões de maneira rápida e eficiente, essas equipes necessitam compartilhar informações de maneira mais informal e em tempo real entre membros, parceiros, fornecedores e clientes.

	<u>EQUIPES TRADICIONAIS</u>	<u>EQUIPES VIRTUAIS</u>
Características valorizadas	Idade	Habilidade/conhecimento
	Encontros formais	Encontros informais
	Cadeia de comando	Melhor time

QUADRO 1 - Características valorizadas pelas equipes tradicionais e pelas equipes virtuais.

As empresas que fazem uso de equipes virtuais requerem as seguintes aptidões (AVISTAR, 97):

- **Imediatez:** as equipes virtuais não podem permitir-se esperar por planilhas e relatórios baseados em papel; necessitam acesso *on-line* às informações, estejam estas num banco de dados da empresa ou no computador pessoal de um membro do grupo.
- **Fácil acesso aos dados:** justamente pelo exposto anteriormente, as equipes virtuais necessitam que as informações estejam disponíveis de uma maneira que possam eficientemente ser acessadas.
- **Controle:** as equipes virtuais necessitam não somente acesso aos dados, mas também do poder de agir sobre a

informação que recebem, mudando, atualizando, ou adequando-as às suas necessidades.

- Acesso à pessoa certa, no tempo certo: essas equipes ficam prejudicadas se não puderem formar o melhor grupo para a execução da tarefa. Isto significa que os membros devem estar acessíveis e disponíveis em tempo real ou não. Isso pode ser possibilitado pela adoção de ferramentas localizadas no computador de cada membro do grupo, que permitam a interação entre os membros da equipe.

2.2. Comparação entre a Engenharia Tradicional e a Engenharia Simultânea

No desenvolvimento de peças feitas em plástico, os projetistas devem considerar características estéticas, funcionais e de fabricação, sendo que, o projeto final deve satisfazer cada uma dessas características que, em muitos casos, estão em conflito umas com as outras. Basicamente existem duas abordagens para realizar o desenvolvimento de um produto, quais sejam: engenharia tradicional e engenharia simultânea.

Na **engenharia tradicional**, também conhecida como "engenharia serial", cada área realiza sua função individual e passa os resultados à próxima área na cadeia serial de desenvolvimento do produto (FIGURA 2). Tipicamente, existe muito pouca interação entre as diversas áreas envolvidas, o que mais tarde leva a problemas no ciclo de desenvolvimento do produto,

sendo que a barreira mais notada é a separação entre várias funções. Sempre que um novo projeto do produto for verificado, seja por simulação ou prototipagem ou ambos, é passado adiante para revisão pelas engenharias de manufatura, teste e qualidade. Mudanças contínuas são feitas conforme os problemas vão sendo descobertos nas etapas subsequentes do processo, o que acaba, invariavelmente agregando custo e atrasando o lançamento do produto no mercado (CHARNEY, 91; PARSAEI, 93, SOHLENIUS, 92).

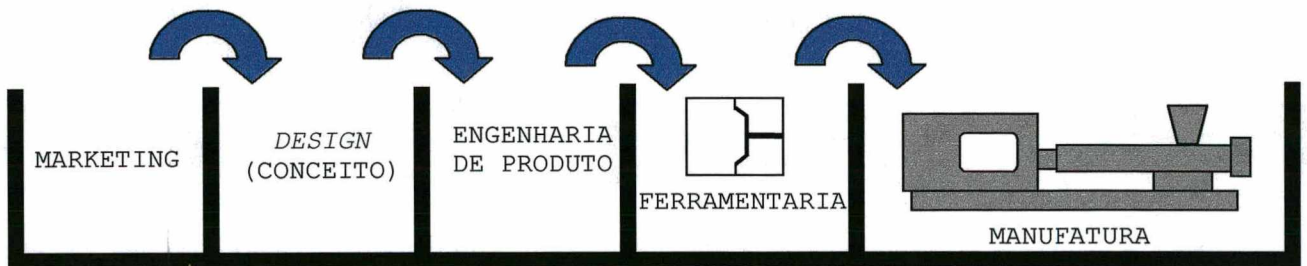


FIGURA 2 - Cadeia de desenvolvimento de uma peça em plástico segundo a engenharia tradicional.

Em termos de qualidade do produto, a ênfase da engenharia tradicional é mais em correção do que prevenção, sendo que erros de projeto são detectados somente durante a manufatura ao invés de serem eliminados no estágio de projeto. Geralmente a manufatura, especialmente dos moldes de injeção, torna-se mais cara devido ao número de testes, verificações e retrabalhos necessários. O fluxo de informações é predominantemente em uma única via e é seriamente restrito conforme for sendo armazenado em diversos meios e locais. Por conseguinte, a informação trocada entre os vários grupos envolvidos no processo é insuficiente (SOHLENIUS, 92; PARSAEI, 93).

Em outras palavras, tomando como exemplo o gabinete de um aparelho televisor, o **designer** especifica a aparência externa da peça e, posteriormente, o grupo de **engenharia de produto** determina a espessura de parede e o número de nervuras necessárias para suportar a carga a que a peça estará submetida. Uma vez concluídas as atividades da equipe de engenharia de produto, o projeto é passado para a **ferramentaria**, que é responsável tanto pelo projeto quanto pela fabricação do molde. Somente quando o projeto da peça chega à ferramentaria é que se começa a pensar no projeto do molde em si, onde são isoladamente determinadas as seguintes características:

- número e *layout* das cavidades;
- seleção da bucha de injeção;
- dimensionamento da(s) placa(s) porta-cavidade(s);
- posicionamento das guias;
- projeto do sistema de alimentação;
- projeto dos canais de resfriamento;
- projeto dos extratores, placas-base, placa extratora, placa-suporte e espaçadores;
- desenho de montagem.

É possível que, ao projetar o molde, seja constatado que a geometria da peça é difícil de ser moldada, e o projeto do produto e, conseqüentemente do molde, tenham que ser alterados neste ponto do ciclo. Essas alterações no projeto devem ser aprovadas pelos outros grupos de projeto (*designers*, projetistas de produto, etc.). Todas estas alterações demandam um tempo

considerável até que, finalmente, o produto alcance a **manufatura**. O custo dessas alterações cresce dramaticamente se o processo de confecção do molde já teve início, ou seja, quanto mais tarde forem detectadas as possíveis necessidades de alteração do projeto, maior será o custo deste.

A **engenharia simultânea** (FIGURA 3), por sua vez, encoraja o trabalho em equipe, o que desenvolve a habilidade de todas as áreas envolvidas trabalharem de maneira paralela desde o estágio inicial do projeto até o seu final. Para um trabalho em equipe de maneira eficaz, o compartilhamento de idéias e os objetivos devem ir além de ações imediatas e departamentalizadas. Verificações relativas à facilidade de fabricação e uso são feitas ao longo do processo em conjunto com as relativas ao desempenho do produto, tamanho, peso, custo, etc. Quando um projeto é verificado, já está em condições de ser fabricado, testado e usado, possuindo boa qualidade. Consequentemente, múltiplas interações entre as alterações do produto comumente encontradas no processo tradicional são minimizadas, encurtando o tempo desde o conceito até o lançamento do produto. Adicionalmente, trabalhar de forma paralela ou simultânea permite às equipes multidisciplinares retificar qualquer problema no estágio mais inicial possível, prevenindo seu surgimento em estágios mais avançados do processo e ajudando a reduzir o número de verificações e testes necessários em processos posteriores (PARSAEI, 93; AVISTAR, 97). Por exemplo, engenheiros de processo, que normalmente são responsáveis pela manufatura, podem fornecer contribuições importantes já na fase

de projeto, tais como localização do(s) ponto(s) de injeção, tipos de canal de injeção ou seleção de materiais (do ponto de vista do processamento), diferentemente da engenharia tradicional, onde problemas de manufatura não são considerados até que protótipos ou peças sejam produzidas.

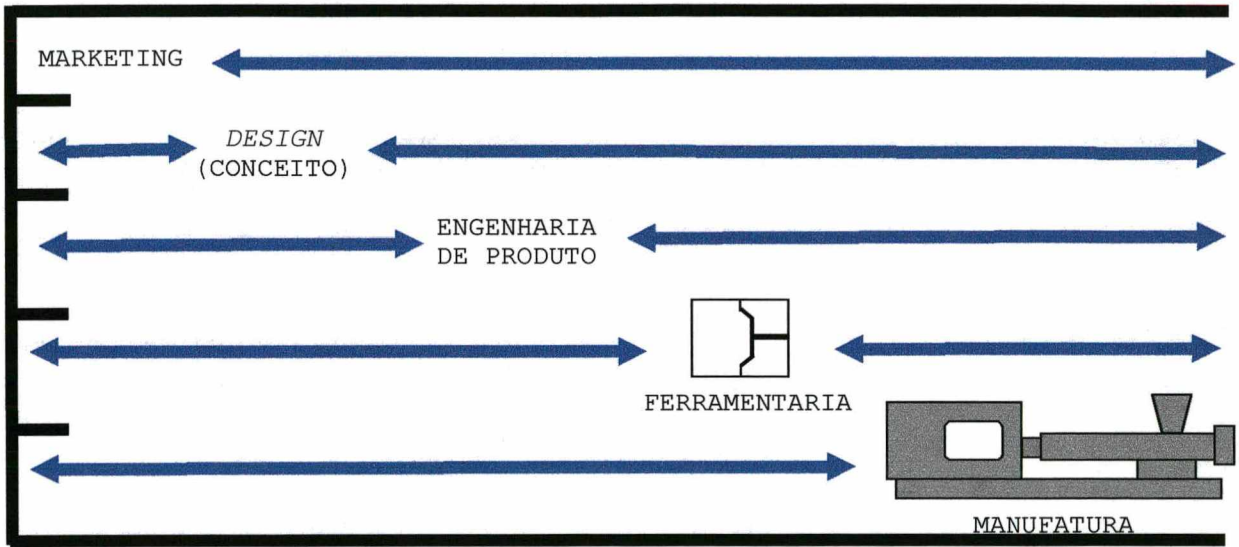


FIGURA 3 - Cadeia de desenvolvimento de uma peça em plástico segundo a engenharia simultânea.

Uma vantagem adicional da engenharia simultânea é a capacidade de ter grupos de *design* e engenharia de produto trabalhando de forma paralela. Embora a produção do molde não possa ser iniciada antes de que o projeto da peça esteja definido, existem atividades de planejamento e de engenharia que podem ser começadas antes da definição do projeto. Por exemplo, uma vez determinadas as formas e dimensões aproximadas da peça, a ferramentaria pode começar a ordenar a aquisição de matérias-primas para os moldes e a fabricação de componentes padronizados. Por sua vez, a engenharia de manufatura pode assegurar que os equipamentos mais adequados estejam disponíveis quando

necessários. A FIGURA 4 mostra que é possível ter um número de atividades paralelas de desenvolvimento que estão interconectadas. Já na fase de projeto conceitual, diferentes equipes de engenharia podem avaliar a moldabilidade (simulando a injeção em sistemas CAE) e a resistência estrutural (utilizando softwares CAE para análise estrutural) simultaneamente, com a vantagem de despende um menor tempo em relação à abordagem da engenharia tradicional.

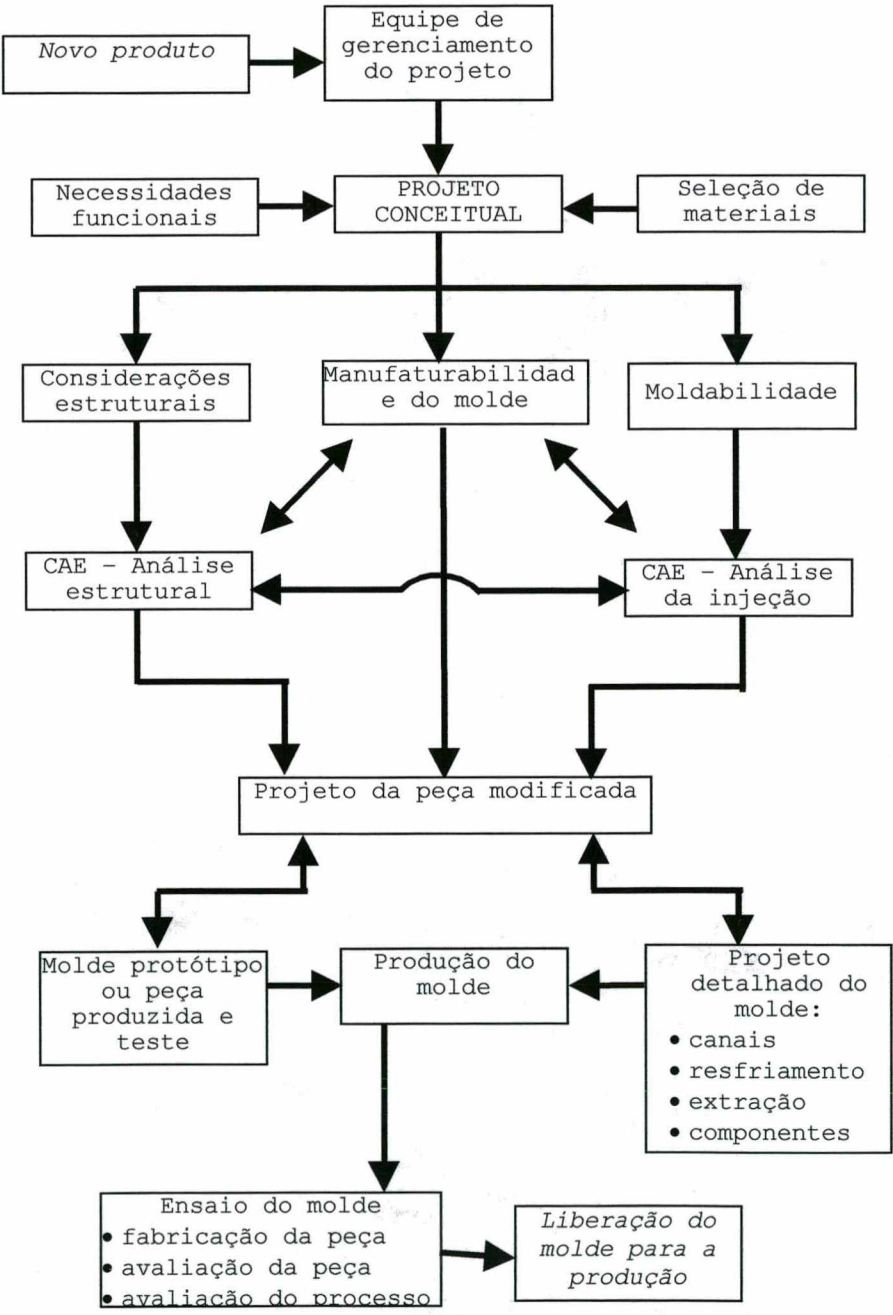


FIGURA 4 - Interconexão entre as atividades de desenvolvimento de uma peça em plástico em um ambiente de engenharia simultânea (MALLOY, 94).

podem ter início tão logo seja concluído o projeto do sistema de alimentação e serem realizados simultaneamente com as atividades restantes.

2.3. Benefícios da Engenharia Simultânea

O projeto de produtos através da engenharia simultânea tem sido introduzido em inúmeras empresas. Experiências iniciais têm mostrado inúmeros benefícios. A engenharia simultânea pode causar um grande impacto sobre o ciclo de vida total do produto. Dados fornecidos pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology* - EUA) descrevem o impacto do projeto realizado por engenharia simultânea (QUADRO 3).

Benefícios do uso da engenharia simultânea	Percentual
Tempo de desenvolvimento	30% a 70% menor
Alterações no projeto	65% a 90% menos
Tempo de colocação no mercado	20% a 90% menor
Qualidade geral	200% a 600% maior
Produtividade	20% a 110% maior
Faturamento	5% a 50% maior
Lucro	20% a 120% maior

QUADRO 3 - Benefícios trazidos pela engenharia simultânea (SOHLENIUS, 92).

2.4. Caminhos para a implementação da Engenharia Simultânea

Existem duas abordagens para a implementação da engenharia simultânea (PARSAEI, 93): implementação baseada em equipe e implementação baseada em computadores.

A **implementação baseada em equipe** é orientada pelo fator humano, sendo que as equipes são formadas por projetistas e indivíduos de todas as outras áreas funcionais relacionadas ao produto. Os membros das equipes são selecionados pela sua habilidade em contribuir para o projeto do produto e processos através da identificação de problemas potenciais nos estágios iniciais do trabalho e da adoção de ações para evitar uma série de retrabalhos, que possuem um custo elevado, sendo esta equipe multifuncional essencial para a efetiva implementação desta abordagem (PARSAEI, 93) (MILLER, 93). Apesar de ser bastante utilizada pela indústria, a implementação baseada em equipe apresenta algumas dificuldades, especialmente nas ferramentarias brasileiras que possuem um baixo índice de escolaridade de seus funcionários: problemas em administrar eficientemente uma equipe, alguns membros podem possuir conhecimento limitado e o custo de manter uma equipe pode ser elevado.

Na medida em que os computadores tornam-se mais sofisticados e mais rápidos, novas ferramentas que incorporam a filosofia da engenharia simultânea começam a emergir fazendo com que a implementação baseada em equipe seja melhorada pela **implementação baseada em computadores**, na qual a filosofia de engenharia simultânea é combinada em operações lógicas internas, permitindo aos projetistas alterarem o projeto do produto em todo o seu ciclo de vida, verificando os efeitos de diferentes atributos sobre o produto final e, assim, reduzindo a probabilidade de erro. Para isto, um grande número de ferramentas CAx será necessário durante a fase de projeto

visando examinar a influência do projeto sobre a ciclo de vida do produto. Consequentemente, espera-se obter um ambiente de projeto integrado no qual as ferramentas CAX interajam e cooperem para alcançar um projeto globalmente otimizado (PARSAEI, 93) (HARTLEY, 92).

2.5. Requisitos para viabilizar a Engenharia Simultânea

Existe uma série de requisitos que devem ser observados para tornar viável a implementação da filosofia da engenharia simultânea.

- Superar as barreiras tradicionais

Começar e sustentar a engenharia simultânea não é uma tarefa fácil. Demanda dedicação, disciplina e comprometimento de toda a organização, desde a mais alta chefia até os postos mais humildes. Necessita educação em todos os níveis da empresa tal que todos falem uma linguagem comum. Portanto, mudanças drásticas são necessárias, não devendo-se esperar por resultados imediatos, pois a engenharia simultânea é um processo de melhorias contínuas (AVISTAR, 97).

- Trabalhar interativamente em equipe

Pelo fato do trabalho em equipe ser a essência da engenharia simultânea, o processo de seleção da equipe deve ser tratado com seriedade e cuidado. Uma equipe deve ser formada por pessoas com conhecimento nas várias áreas envolvidas no processo, desde o projeto até a comercialização, capazes de

compartilhar idéias, comunicarem-se livremente e trabalharem coesamente com um objetivo comum. Os membros das equipes interdisciplinares devem transitar entre os departamentos da empresa, sem sentirem-se constrangidos pelas tradicionais barreiras que separam os setores, fazer seus questionamentos, fazer recomendações e negociar conflitos para trazer os possíveis problemas à tona o mais cedo possível (MILLER, 93).

Os objetivos devem ser claramente definidos o mais cedo possível para que se crie uma visão comum para permitir um alinhamento de propósitos.

- Permitir o envolvimento de influências externas

Deve-se estreitar relações com fornecedores e clientes, conhecendo suas necessidades e limitações para entender melhor o quê e como projetar. Trabalhar junto aos clientes propicia um melhor entendimento de suas necessidades e a capacidade da empresa satisfazer à essas demandas. A aproximação com os fornecedores agrega sua experiência sem custos à empresa, pois sendo eles especialistas em suas respectivas áreas de atuação, sugerem maneiras melhores e mais baratas de realizar as mais variadas tarefas. Além disso, informações vindas dos fornecedores são úteis para a fase de projeto. Como complemento, tais relações facilitam as práticas de manufatura *just-in-time* (CHARLEY, 91).

- Co-evoluir

Muitas atividades envolvidas no desenvolvimento de um

produto desde seu conceito, projeto e manufatura até o produto final, são interdependentes e devem ser vistas como um todo. Portanto, devem ser executadas de maneira simultânea para facilitar a análise e a solução de problemas pelo processo de otimização do projeto (PARSAEI, 93).

- Melhorar continuamente

Através de um processo de melhorias contínuas aplicado aos processos envolvidos no desenvolvimento de um produto, a empresa é capaz de mudar da filosofia de "apagar incêndios" para a de prevenção.

- Compartilhar informações

Deve-se ter um eficiente sistema de compartilhamento de informações tal que os membros de uma equipe possam ter acesso a todas as instalações da empresa e às informações sobre o trabalho realizado pelas várias equipes que são necessárias para projeto, teste, manufatura e suporte ao produto durante todo o seu ciclo de vida. Todos os aspectos relevantes ao processo de projeto devem ser gravados e documentados para futuras referências (AVISTAR, 97).

- Possibilitar proximidade entre os membros da equipe

Idealmente, todos os membros de uma equipe devem estar próximos uns dos outros. Isto estimula a comunicação e nutre o grupo com um espírito de responsabilidade e intimidade. Se não for possível ter todos juntos, então deve ser utilizado um

sistema de comunicação para trocar informações via rede (AVISTAR, 97).

- Integrar estruturas e ferramentas

Deve-se integrar estruturas e ferramentas baseadas em computador como sistemas CAE/CAD/CAM, tendo-se especial atenção com o interfaceamento entre estes, eliminando-se a possibilidade de erros decorrentes da incompatibilidade entre os sistemas (AVISTAR, 97; SOHLENIUIS, 92).

- Dar poderes aos membros das equipes

Dar poderes aos membros das equipes tornando-os capazes de tomar as decisões necessárias quando solicitadas nos diferentes estágios do projeto do produto. Esta capacitação deverá desencadear todo o potencial dos indivíduos ou equipes fazendo com que sintam-se úteis e conectados à empresa, melhorando seu desempenho e o seu comprometimento (PARSAEI, 93).

Capítulo 3 - VIDEOCONFERÊNCIA

3.1. Considerações iniciais

Embora o conceito de videoconferência tenha surgido na década de 30 (PRATHER, 96), somente a partir dos anos 90, através de novos avanços tecnológicos, e da redução dos custos é que esta tecnologia vem sendo mais empregada. A videoconferência é uma ferramenta que permite que pessoas em diferentes localidades mantenham encontros virtuais interativos. Os participantes podem não somente ver e ouvir uns aos outros, mas também compartilhar documentos e aplicativos via computadores pessoais (RETTINGER, 95).

Para uma melhor compreensão das potencialidades da utilização de um sistema de videoconferência para troca de informações entre empresas na área de moldes, torna-se

necessário o conhecimento de alguns conceitos principais. Esses conceitos são descritos a seguir.

Inicialmente, é importante fazer distinção entre os termos: dado, informação e mídia. O termo usado para descrever os sinais com os quais o computador trabalha é chamado **dado**. Apesar das palavras dado e informação serem muito usadas como sinônimo, há uma diferença importante entre elas. No sentido mais estrito, **dados** são os sinais brutos e sem significado individual que os computadores manipulam para produzir **informações**. Já o termo **mídia** é definido como sendo as formas como a informação pode ser comunicada: áudio, texto, por imagem estática, animada, vídeo, quadro branco¹, etc. (CORRÊA, 97).

Embora recente, a indústria da computação colaborativa tem fornecido ao mercado uma gama de tecnologias, conhecidas por sistemas de conferência remota, que visam tornar possível o trabalho de grupos virtuais (FIGURA 5).

Os sistemas de conferência remota podem ser de tempo real ou do tipo "guarda-envia", dependendo da simultaneidade que oferecem aos participantes (AVISTAR, 97). Os **sistemas de conferência remota guarda-envia** também interagem com comunicação em grupo de participantes, porém não requerem simultaneidade. Correio por vídeo (*Video mail*), fax, correio por voz (*voice mail*), correio eletrônico (*E-mail - Eletronical mail*) e

¹ Quadro branco é um aplicativo que alguns sistemas de conferência possuem que possibilita a comunicação através de uma tela gráfica comum com ferramentas de desenho e texto.

conferência computadorizada (BBS - *Bulletin Board System*) são exemplos desses sistemas (FIGURA 5). No caso dos **sistemas de conferência remota de tempo real** cada usuário pode estar situado em seu próprio escritório, em frente a um computador que contém equipamentos e softwares que garantem simultaneidade de comunicação entre os participantes da teleconferência, tais como câmera de vídeo, microfone e conexão com a *Internet*, por exemplo. Os sistemas de conferência remota de tempo real são classificados em função da capacidade e do desempenho requerido que, por sua vez, são dependentes das mídias que são usadas para compartilhar o espaço comum de conferência, a saber: texto, imagens estáticas, gráficos, vídeo, áudio e desenhos de CAD, entre outras (SILVA, 96).

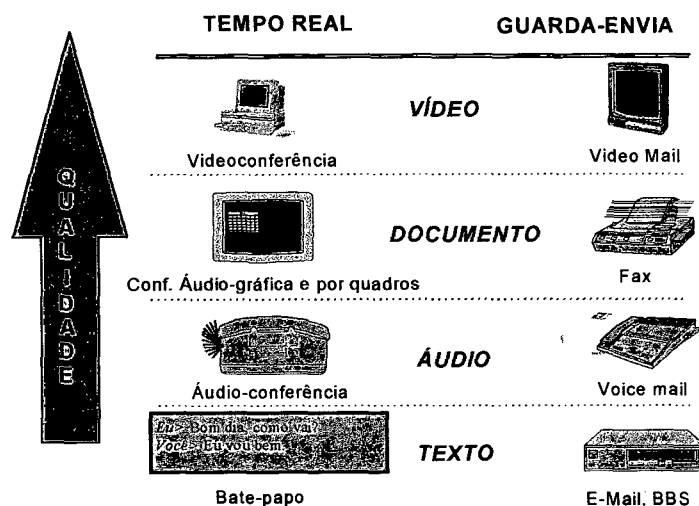


FIGURA 5 - Classificação dos sistemas de conferência remota (AVISTAR, 97).

Os principais sistemas de conferência remota de tempo real são (FIGURA 5):

- A **conferência de dados** ou **bate-papo**, bastante difundido na *Internet*, no qual somente texto é trocado em tempo real;
- a **áudio-conferência**, onde somente áudio e sinais de controle são transmitidos através de uma rede de comunicação. Qualquer informação textual é previamente distribuída aos participantes;
- a **conferência áudio-gráfica**, que difere da áudio-conferência na forma com que os documentos são tratados. Aqui, o acesso e a manipulação de documentos são executados em tempo real e simultaneamente;
- a **videoconferência por quadros**, similar à conferência áudio-gráfica, onde, além do acesso e da manipulação de documentos em tempo real, as imagens estáticas das pessoas que tomam parte na conferência são regularmente distribuídas via rede para todos os outros participantes;
- a **videoconferência** propriamente dita, semelhante ao sistema de videoconferência por quadros, porém com a possibilidade adicional de transmitir imagens em movimento para os participantes.

3.2. Níveis de videoconferência

Existem três níveis de videoconferência, quais sejam: sala dedicada, videoconferência móvel e videoconferência de mesa (RETTINGER, 95).

3.2.1. Sala dedicada

Esse tipo de videoconferência necessita de uma sala especialmente projetada para tal fim. A sala precisa ter uma iluminação especial, tratamento acústico, equipamentos de alta qualidade como videocassete, projetores, e a capacidade de acomodar várias pessoas.

Os investimentos feitos pelas empresas na década passada foram lentos e na sua maioria concentrados nesses sistemas. Historicamente, esses sistemas oferecem um melhor desempenho quando comparados aos demais, todavia, têm um custo proibitivo para a maioria dos usuários em potencial, especialmente as pequenas empresas ligadas ao setor de plásticos, como é o caso dos fabricantes de moldes (FUETTERER, 96). Algumas aplicações típicas seriam, reuniões de diretoria, treinamento à distância e sessões de tribunais.

3.2.2. Videoconferência móvel

Esse sistema consiste de um gabinete que pode ser movido de um local para outro. Não possui os recursos nem o preço exorbitante de uma sala dedicada. Pode ser usado, por exemplo, em entrevistas para empregos, negociações de contratos e testes de campo de protótipos.

3.2.3. Videoconferência de mesa

A videoconferência de mesa (DVC - Desktop Videoconferencing) representa uma grande diferença em relação à

sala dedicada e à videoconferência móvel. Enquanto esses sistemas utilizam equipamentos caros locados em salas com grandes grupos de pessoas, a videoconferência de mesa é realizada nos próprios postos de trabalho dos participantes. Trabalhando em suas próprias mesas com poucos equipamentos especiais, os usuários trocam informações individualmente com os outros participantes, com as vantagens de poder transferir imagens e compartilhar aplicativos e arquivos de dados.

A videoconferência de mesa é o sistema que mais vem sendo utilizado devido aos seguintes fatores principais (<http://business.kent.edu/~mfairtay/vctoc.html>):

- Avanços na velocidade de processamento e no desempenho dos computadores pessoais;
- Decréscimo no preço dos computadores e dos equipamentos de videoconferência;
- Avanços nos sistemas de compressão de dados, áudio e vídeo;
- Desenvolvimento de padrões para compressão de áudio e vídeo;
- Desenvolvimento do sistema de telefonia digital (*ISDN - Integrated Services Digital Network*);
- Aumento do interesse por parte do mercado;
- Crescimento da *Internet*.

3.3. Tecnologia envolvida na videoconferência de mesa

O conhecimento de alguns conceitos tecnológicos associados ao uso da videoconferência de mesa são necessários para entender o seu funcionamento.

3.3.1. Banda passante

Também denominada "largura de banda" ou "velocidade de transmissão", a banda passante pode ser entendida fazendo-se uma analogia considerando que o canal de comunicação, entre o local emissor e o receptor da informação, é um tubo ligando dois pontos e a informação é a água fluindo ao longo do tubo. Visto que o tubo tem um diâmetro limitado, somente um tanto de informação pode fluir por ele. Portanto, banda passante é a quantidade ou taxa de informação que pode fluir ao longo de um canal de comunicação, sendo representada em bits por segundo (*bits/s* ou *bps*) (HUDSON, 96).

Para se calcular o quão rapidamente um arquivo de computador pode ser transferido de um computador para outro, é preciso calcular o tamanho do arquivo em bits e dividir pela banda passante. Por exemplo, um arquivo de 1 *megabyte*, que corresponde a 1 milhão de *bytes*, multiplicado por 8 *bits* por *byte*, é igual a 8 bilhões *bits*, que divididos por 8000 *bps* (banda passante de uma linha de telefone comum) é igual a 1000 segundos ou aproximadamente 17 minutos (HUDSON, 96).

A banda passante representa o fator limitante na comunicação, sendo uma consideração especialmente importante

quando da transferência de arquivos de vídeo, que podem ser muito grandes. Por exemplo, um quadro de imagem de vídeo comum possui cerca de 60 *kilobytes* (SILVA, 96).

A velocidade de uma imagem de televisão é de 30 *fps* (*frames per second*). Para enviar 30 *fps* é necessário 1.8 *Mb/s*. Enviar esses dados por uma rede telefônica comum (8000 *bps*) significa transferi-los durante um tempo de 30 minutos. Esses dados ilustram porque a videoconferência de mesa era impraticável antes do aumento da capacidade de processamento dos computadores, do desenvolvimento de algoritmos de compactação, e de novos canais de comunicação (HUDSON, 96). A FIGURA 6 mostra a velocidade de transmissão requerida para diversos tipos de mídia (GROESSLER, 95). Pode-se notar que a mídia que requer a maior banda passante é o vídeo, sendo que dados de CAE/CAD/CAM situam-se entre as mídias que necessitam as menores taxas de transmissão.

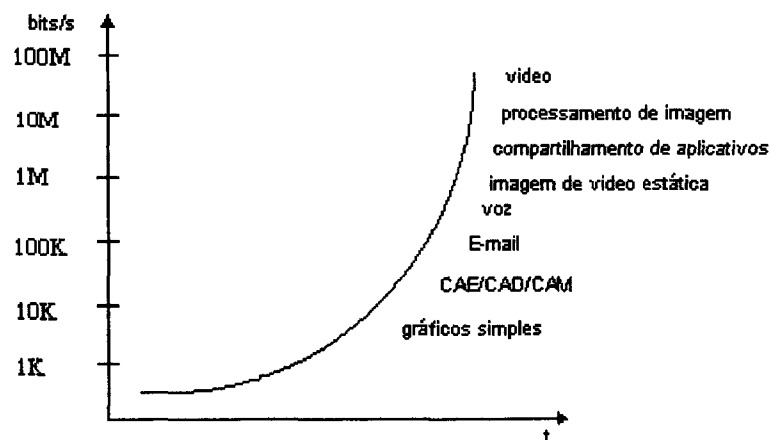


FIGURA 6 - Velocidade de transmissão requerida para diversas mídias.

3.3.2. Classes de tráfego

As características de comunicação exigidas pelos diversos tipos de mídia são muito diferentes. Das características que podem ser consideradas ao serem classificadas as fontes de tráfego, a natureza do tráfego gerado é uma das mais importantes, dando origem a três classes básicas (SILVA, 96): a classe de tráfego contínuo com taxa constante (*Constant Bit Rate - CBR*), a classe de tráfego em rajadas (*bursty*) e a classe de tráfego contínua com taxa variável (*Variable Bit Rate - VBR*).

Na **classe de tráfego contínuo com taxa constante**, além do tráfego ser constante, a sua taxa média de transmissão é igual a sua taxa de pico (FIGURA 7). As mídias de áudio e vídeo caracterizam-se por gerarem um tráfego dessa natureza (SILVA, 96).

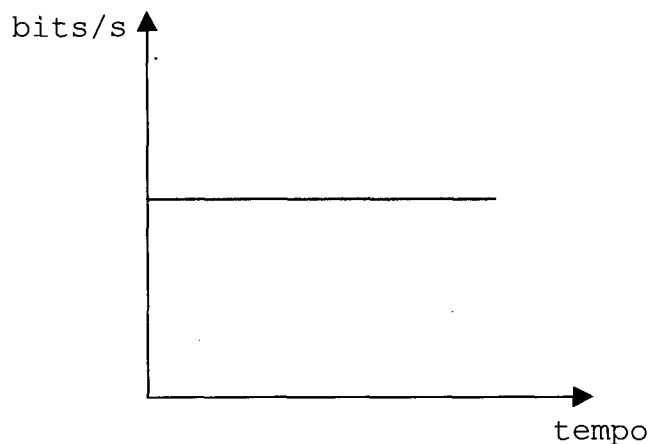


FIGURA 7 - Classe de tráfego contínuo com taxa constante.

As fontes com **classe de tráfego em rajadas** apresentam períodos de atividade intercalados por períodos de inatividade (FIGURA 8), sendo importantes as informações relativas a distribuição das rajadas ao longo do tempo, bem como a duração e

a taxa de pico atingida durante as rajadas (SILVA, 96). O tráfego gerado por informações em texto é, em sua maioria, em rajadas, sendo que, a vazão média dos dados varia de alguns *bits* por segundo, para aplicações de correio eletrônico, até alguns *megabits* por segundo, para transferência de arquivos.

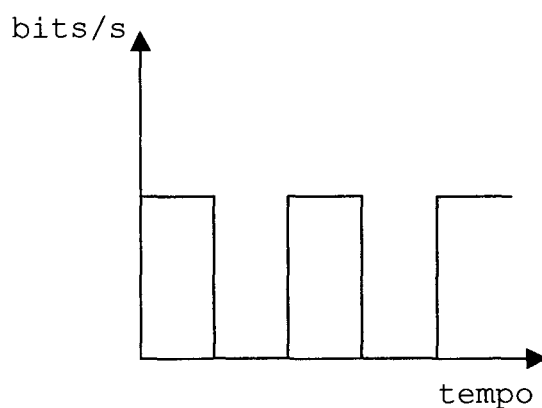


FIGURA 8 - Classe de tráfego em rajadas.

Na **classe de tráfego contínuo com taxa variável** ocorrem variações na taxa de transmissão ao longo do tempo (FIGURA 9). Para caracterizar o comportamento de fontes com essa característica podem ser utilizados parâmetros como a média e a variância da taxa de transmissão, bem como a razão entre a taxa de pico e a taxa média de utilização do canal (SILVA, 96).

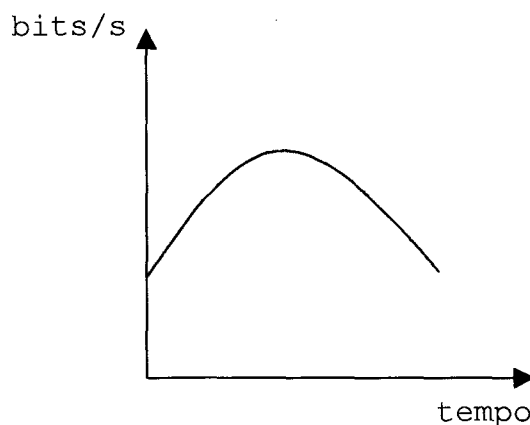


FIGURA 9 - Classe de tráfego contínuo com taxa variável.

3.3.3. Algoritmos de compactação

Vários algoritmos de compactação foram desenvolvidos para sanar o problema de transmitir grandes arquivos em um curto espaço de tempo e possibilitar um movimento contínuo das imagens numa videoconferência de mesa. O desempenho dos algoritmos é determinado através da chamada **taxa de compactação**, que é definida como a razão entre os tamanhos do arquivo original e do arquivo compactado. Por exemplo, para um arquivo cujo tamanho original era de 1000 *bytes* e passou a ter 500 *bytes* após a compactação, a taxa de compactação é de 1:2 (RETTINGER, 95).

Existem dois tipos básicos de algoritmos de compactação: sem perdas e com perdas. Os **sem perda** compactam e descompactam os dados sem perda de informações. Isso é especialmente importante para arquivos de textos e de programas. Este tipo de arquivo é representado pelos padrões *gif*, *gzip*, e *pkzip*. Os algoritmos **com perda**, como o próprio nome diz, perdem alguns dos dados no processo de compressão e descompressão. Um exemplo desse tipo de arquivo são os representados pelos padrões *jpeg* e *mjpeg*. Algoritmos com perda permitem ao usuário especificar a qualidade da imagem desejada. Especificando um nível de qualidade de imagem menor que 100%, o usuário pode obter uma imagem aceitável, enquanto reduz o tamanho do arquivo significativamente (RETTINGER, 95).

Quanto mais complexo for o algoritmo de compactação, maior a capacidade de processamento requerida para o computador (SILVA, 96).

3.3.4. Métodos de comunicação utilizados para transmissão de dados

Existem diferentes métodos de comunicação disponíveis para transportar dados de videoconferência de mesa. Esses métodos podem ser classificados como chaveamento por circuito e chaveamento por pacotes, sendo que cada um apresenta vantagens e desvantagens quando avaliada a sua adequação para o transporte de dados de videoconferência de mesa (RETTINGER, 95 e SILVA, 96). Contudo, para que se possa entendê-los, é necessário analisar a transmissão de informações do ponto de vista da sensibilidade ao atraso e à perda de dados. Quando informações são transmitidas remotamente entre dois computadores podem ocorrer atrasos e perdas de dados referentes a essas informações, dependendo da banda passante disponível. Quando analisados sob este aspecto, dados de diferentes tipos de mídias requerem diferentes tratamentos, uma vez que alguns são sensíveis ao atraso e outros são sensíveis à perdas. Dados de **texto**, por exemplo, não são sensíveis ao atraso, mas são sensíveis à perdas. Dados de **voz** são sensíveis ao atraso, mas não são tão sensíveis à perdas necessitando ser transmitidos a uma taxa constante para garantir inteligibilidade, sendo que alguma perda de informação é tolerável. **Imagens estáticas**, por sua vez, não são tão sensíveis ao atraso, mas são sensíveis à perdas. Já, dados de **vídeo** são sensíveis ao atraso e, se não forem comprimidos, não são muito sensíveis a perdas já que um quadro perdido será imediatamente sobreposto pelo quadro subsequente. Todavia, alguns tipos de dados de vídeo compactados

são sensíveis a perdas, dependendo da técnica de compressão utilizada.

Resumindo, o QUADRO 4 mostra diferentes tipos de dados e sua sensibilidade ao atraso e às perdas. "Sim" indica que o tipo de dado é muito sensível e não pode tolerar desvios. "Não" indica que algum desvio é tolerável.

	TEXTO	VOZ	IMAGEM	VÍDEO
Atraso	Não	Sim	Não	Sim
Perda	Sim	Não	Sim	Sim/Não

QUADRO 4 - Sensibilidade dos dados transmitidos (RETTINGER, 95).

3.3.4.1. Chaveamento por circuito

O chaveamento por circuito (*Circuit-switched*) é um método de transmissão de dados onde um caminho de comunicação é estabelecido e mantido aberto enquanto durar a sessão. Um montante de largura de banda é dedicado exclusivamente para o uso da sessão (HUDSON, 96).

Quando a sessão é terminada, a banda passante é liberada e torna-se disponível para as outras sessões. A principal vantagem desse método é que uma largura de banda dedicada é disponibilizada e o tempo de transmissão dos dados é previsível. Uma desvantagem desse método é que as sessões são primariamente ponto-a-ponto requerendo, para comportar videoconferências mais de dois pontos (multiponto), unidades de multiconferência (*Multiconferencing Units - MCUs*), que têm um custo muito elevado

(RETTINGER, 95). As linhas telefônicas digitais (ISDN) são um exemplo de canal de comunicação chaveado por circuito.

3.3.4.2. Chaveamento por pacotes

A comunicação chaveada por pacotes (*packet-switched*) é um método de transmissão de dados onde a informação é dividida em pacotes, cada um dos quais com uma identificação de origem e um endereço de destino. Os pacotes são transmitidos individualmente ao longo de uma rede e, dependendo das condições dessa rede, podem tomar diferentes rotas e chegar ao seu destino em tempos diferentes e danificados. Não existe um montante da largura de banda dedicado exclusivamente, como acontece no método chaveado por circuito. A banda passante é dividida com todos que estejam conectados à rede. Uma vantagem desse método é a sua capacidade de acomodar conferências multiponto. Uma desvantagem é a imprevisibilidade do tempo de transmissão dos dados, que pode causar problemas de defasagem entre áudio e vídeo (RETTINGER, 95 e SILVA, 96). A *Internet* é um exemplo de rede que utiliza chaveamento por pacotes.

3.3.5. Formas de comunicação utilizadas pelos sistemas de DVC

Os sistemas de DVC comunicam-se através de uma variedade de formas, sendo que as principais são descritas a seguir.

3.3.5.1. POTS (*Plain Old Telephone Service*)

POTS é um tipo de serviço de telefonia que permite o acesso a rede de telefonia pública compartilhada (*Public*

Switched Telephone Network - PSTN), através de modem. Este serviço é amplamente difundido mas apresenta uma largura de banda muito pequena (velocidades típicas dos modems são 9.6 kbps, 14.4 kbps e 28.8 kbps). Existem muito poucos sistemas de DVC que procuram operar nessas taxas de transmissão (RETTINGER, 95).

3.3.5.2. ISDN (*Integrated Services Digital Network*)

ISDN é uma linha telefônica digital capaz de suportar taxas de transmissão entre 4 e 10 vezes maiores que um modem comum. Possui 64 kbps em um canal e 128 kbps em dois canais de transmissão. Existem muitos sistemas de DVC que utilizam a ISDN, todavia, um problema que surge é que ainda são poucas as regiões que possuem esse sistema, além do fato de seu custo ser muito elevado (SILVA, 96).

3.3.5.3. LAN (*Local Area Network*)

Redes de computadores vem sendo consideradas como uma das principais formas de comunicação do mundo moderno. Segundo GROESSLER (GROESSLER, 95) "as redes de computadores são um novo tipo de organização de sistemas de computadores produzidos pela necessidade de unir computadores e comunicações. Um ambiente de comunicação ilimitado somente pode ser construído com a ajuda de redes de computadores". As redes de computadores permitem ao usuário acessar programas e bancos de dados remotos dentro de uma

organização ou externamente a ela, possibilitando uma comunicação mais rápida que outras facilidades (GROESSLER, 95).

Vários fatores podem ser usados para classificar-se as redes de computadores, como por exemplo, banda passante, hardware, aplicação. Contudo, a **classificação baseada no tamanho físico** da rede é a mais usual, podendo ser feita de acordo com o QUADRO 5, onde é possível distinguir entre LAN*, MAN** e WAN*** (GROESSLER, 95).

DISTÂNCIA ENTRE PROCESSADORES	PROCESSADOR LOCALIZADO NO (A) MESMO (A)	EXEMPLO
10m	SALA	LAN*
100m	PRÉDIO	LAN*
1km	TERRENO	LAN*
10km	CIDADE	MAN**
100km	PAÍS	WAN***
1.000km	CONTINENTE	WAN***
10.000km	PLANETA	INTERCONEXÃO DE WANS

- * Local Area Network
- ** Metropolitan Area Network
- *** Wide Area Network

QUADRO 5 - Classificação das redes quanto ao tamanho (GROESSLER, 95).

Geralmente, redes menores desenvolvem maiores velocidades: WANS e MANs freqüentemente abaixo de 1 Mbps e LANs em torno de 10 Mbps (GROESSLER, 95).

As LANs são o tipo de rede utilizadas internamente em empresas e universidades e podem ser classificadas de acordo com a topologia (layout), em estrela, anel ou barramento.

Em uma LAN do tipo **estrela**, toda a comunicação é roteada por uma estação de controle central, e cada estação remota está fisicamente conectada à estação central (FIGURA 10-a). A estação

central controla a comunicação decidindo quando e como as estações remotas podem comunicarem-se umas com as outras. Assim, todos os dados devem passar pela estação central antes de chegarem ao seu destino final. Essa topologia é preferida em configurações que não estejam sujeitas a mudanças frequentes na disposição dos equipamentos. Além disso, como cada estação remota deve estar diretamente conectada à estação central, em relação às demais topologias, despende-se uma maior quantidade de cabos.

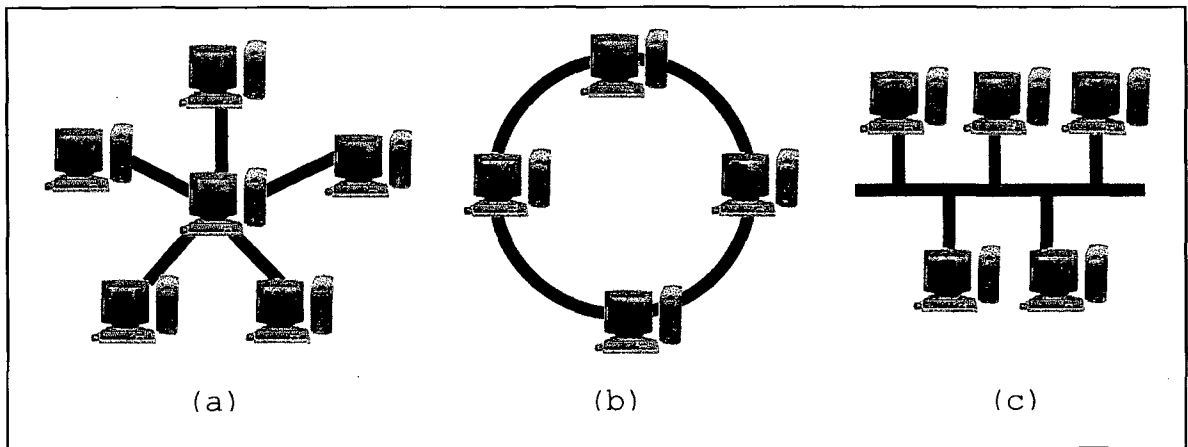


FIGURA 10 - Topologias de rede: (a) estrela, (b) anel, (c) barramento.

Em uma topologia do tipo **anel**, cada estação deve estar fisicamente conectada a uma outra estação em cada lado, como mostrado na FIGURA 10-b. Como os dados não têm que passar por uma estação central, como na topologia estrela, as redes do tipo anel proporcionam um controle distribuído. Entretanto, um dado transmitido através de uma rede de topologia em anel pode ter que passar por muitas outras estações até chegar ao seu destino. Além disso, a falha de uma única estação pode resultar na queda

de todo o sistema. Esse tipo de topologia necessita de uma menor quantidade de cabos de rede.

A topologia do tipo **barramento** consiste de uma espinha dorsal sobre a qual as estações de usuários são conectadas (FIGURA 10-c). Essa organização apresenta sobre as demais a vantagem de todas as estações possuírem um acesso independente ao barramento, o que significa que adicionar ou remover uma estação pode ser feito sem perturbar o resto da rede. Além disso, a topologia do tipo barramento é de mais fácil manutenção e mais confiável que as demais. Se uma estação apresentar algum problema ou necessitar ser desligada para ser instalada em outro local, o resto da rede continua a funcionar.

Em oposição à topologia em estrela com seu ponto de controle central, as topologias em anel e barramento proporcionam um controle distribuído, que permite uma comunicação mais direta, confiável, e eficiente entre as estações de usuários. Todavia, as topologias de controle distribuído precisam ainda superar o problema das estações disputarem o acesso à rede. Para resolver tal problema, uma rede distribuída deve usar um método de acesso que garanta que somente uma estação transmita em um dado momento, ou então encarregue-se de recuperar os procedimentos necessários para resolver os problemas criados por tentativas de transmissão simultâneas.

Outro elemento importante em uma rede é o meio físico de transmissão dos dados, que pode ser um dos seguintes elementos, dispostos em velocidade de transmissão crescente (KOIKE, 95):

- Cabo de par trançado assíncrono;
- Cabo coaxial;
- Fibra ótica;
- Ondas eletromagnéticas;
- Raios infravermelhos.

Quando surgiram as primeiras redes, foram encontradas grandes dificuldades de comunicação entre os sistemas de diversos fabricantes. Para solucionar esse problema, no final da década de 70, a ISO (**I**nternational **S**tandards **O**rganization) criou o modelo OSI (**O**pen **S**ystem **I**nterconnection - ISO 7498), que é um modelo de referência para novos projetos de redes. Esse modelo é composto de sete camadas dispostas em ordem crescente: física, enlace, rede, transporte, sessão, apresentação e aplicação. Cada camada provém serviços para a camada subsequente, cujas funções não serão aqui detalhadas (KOIKE, 95).

Apesar da padronização proposta, alguns sistemas não se basearam no modelo OSI/ISO, como por exemplo o TCP/IP (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol/**I**nternet **P**rotocol) atualmente largamente difundido (KOIKE, 95).

Os sistemas de DVC suportam diferentes tipos de protocolos de LAN, tais como TCP/IP, Novell IPX/SPX, NetBIOS, e Appletalk.

3.3.5.4. Internet

As *LANs* proporcionam conectividade entre uma comunidade local, a *Internet* liga as *LANs* e/ou *WANs* entre si, sendo que o protocolo utilizado para conectá-las é chamado *IP* (*Internet Protocol*). Protocolos de transporte em duas camadas foram desenvolvidos com *IP*: o *TCP* e o *UDP*. O ***TCP*** (*Transmission Control Protocol*) proporciona transmissão dos dados de ponta a ponta de uma maneira confiável, usando recuperadores de erros e reordenadores de dados, contudo, não é prático devido ao seu mecanismo de recuperação de erros de transmissão (se pacotes perdidos forem retransmitidos, chegarão com muito atraso ao seu destino) (SILVA, 96). O *TCP* é usado para aplicativos de *DVC* que permitam algum atraso, tais como o quadro branco e aplicativos de dados compartilhados (RETTINGER, 95). Já o ***UDP*** (*User Datagram Protocol*) não proporciona uma transmissão confiável porque não possui recuperadores de erros, sendo usado por sistemas de *DVC* que operam na *Internet* para transmissão de áudio e vídeo (RETTINGER, 95).

3.3.6. Padrões de comunicação e interoperabilidade

Interoperabilidade é a propriedade de diferentes produtos, de diferentes fabricantes, comunicarem-se mutuamente, necessitando para tal de padrões de comunicação. Para isto, existem várias entidades internacionais cujo objetivo é criar padrões para videoconferência (RETTINGER, 95).

A *ITU* (*International Telecommunication Union*) é um órgão internacional através do qual governos e companhias gerenciam o estabelecimento e a operação de redes e serviços de telecomunicações globais, sendo que, a seção da *ITU* responsável pela criação de padrões de áudio, vídeo, videoconferência e conferência de dados é o setor de padronização de comunicações, *ITU-T*. Já o *IMTC* (*International Multimedia Teleconferencing Consortium*) é um órgão criado para promover a adoção e a criação de padrões internacionais para conferência multiponto e conferência de dados, cujo principal alvo é a videoconferência com multimídia, que inclui imagens gráficas estáticas e vídeo de conferência de dados. O *IMTC* promove os padrões adotados pela *ITU*, inclusive os padrões *H.320* e *T.120*, a serem abordados no item 3.3.6.1. Por sua vez, o *PCWG* (*Personal Conferencing Work Group*) é outro grupo que compartilha muitos membros e idéias com o *IMTC*, sendo o responsável pelo desenvolvimento do *PCS* (*Personal Conferencing Standard*), que é um padrão que define a infra-estrutura para promover interoperabilidade de comunicações ponto-a-ponto e multiponto para áudio, vídeo e conferência de dados, compatível e baseado nos padrões *ITU-T* (RETTINGER, 95).

3.3.6.1. Padrões de comunicação ITU-T T.120 e H.32x

Os padrões *ITU-T T.120*, *H.320*, *H.323*, e *H.324* constituem o núcleo das tecnologias para videoconferência. Os padrões *T.120* definem o transporte multiponto de dados multimídia habilitando o compartilhamento de dados durante a conferência; os *H.320*

englobam a videoconferência em *ISDN*; o padrão *H.323* enfoca a comunicação audiovisual sob redes locais (*LANs*) e o padrão *H.324* é o responsável pela compressão de dados de áudio e vídeo de alta qualidade em comunicações via modem (*POTS*) (SILVA, 96).

A série *H.32x* (*H.320*, *H.323*, *H.324*) dita os conceitos básicos da comunicação de áudio, vídeo e imagens estáticas especificando os requisitos para o processamento de informações de áudio e vídeo e provendo formatos comuns para entradas e saídas (*I/O*) de áudio/vídeo compatíveis, bem como protocolos que permitem a um terminal multimídia realizar as ligações de comunicação e a sincronização dos sinais de áudio e vídeo.

Capítulo 4 - TROCA DE DADOS ENTRE SISTEMAS CAx

4.1. Considerações gerais

Os sistemas CAx tem sido empregados pelas empresas do setor de plásticos com o intuito de automatizar as funções do sistema produtivo obtendo um aumento da produtividade em cada uma dessas funções. Porém, por si só, a implantação desses sistemas não resolve a questão do gerenciamento do fluxo de informações (KOIKE, 95). O que ocorre é justamente o contrário: a maior eficiência local das funções gera e requisita informações a uma taxa mais elevada, o que torna o fluxo de informações mais complexo, especialmente em um ambiente de engenharia simultânea, onde a execução paralela das atividades demanda uma troca de informações mais ágil e mais freqüente

entre os membros dos grupos de trabalho (KOIKE, 95), (AHRENS, 94).

A adoção de sistemas projetados para operar isoladamente, sem levar em consideração os demais, causada pela introdução paulatina de equipamentos CNC e de sistemas computacionais, em substituição a equipamentos obsoletos, ocasionou o surgimento, nas empresas fabricantes de moldes, das chamadas "ilhas de automação". Isto requer, em muitos casos, um dispêndio de tempo muito grande tentando-se adequar os dados gerados por um aplicativo para serem lidos por outro (BARRA, ADÁN, 95), (KOIKE, 95).

Implantar um sistema isolado, mas que permita a inclusão de outros módulos de maneira integrada, tem-se revelado a melhor opção para as empresas que se propõem a migrar gradativamente do modo tradicional de projetar e fabricar moldes para uma estrutura que inclua os sistemas CAE/CAD/CAM (KOIKE, 95).

A pouca capacidade de integrar satisfatoriamente os sistemas CAx tem se revelado um grande obstáculo para alcançar o objetivo da engenharia simultânea: a obtenção de produtos de melhor qualidade, em um tempo menor e a um baixo custo, ocasionado por um processo de desenvolvimento completamente integrado por tecnologias CAx (RANKIN, OTT, 92).

Ao longo do tempo as áreas de CAE, CAD, e CAM desenvolveram-se paralelamente, cada qual usando diferentes maneiras de representar o mesmo objeto. O resultado foi que a maioria dos softwares foram

desenvolvidos para atender às necessidades específicas de cada área, relegando a um plano inferior a integração entre essas tecnologias (FREIMUTH, 96).

A necessidade de transferir dados entre diferentes sistemas é de crucial importância. Aqui, torna-se necessária a distinção entre dois conceitos, que embora semelhantes e comumente confundidos, expressam situações distintas e que fornecem resultados distintos - a transferência e a tradução de dados (FIGURA 11). **Transferência** significa passar dados de um sistema a outro sem haver necessidade de qualquer alteração ou adaptação dos mesmos. Isto é possível quando os sistemas em questão utilizam a mesma representação matemática dos elementos. **Tradução** se caracteriza quando os sistemas em questão utilizam formas distintas para a representação de seus modelos geométricos, é necessária uma transformação, ou seja, a tradução de uma forma para outra. Deve-se observar que uma tradução só é possível de ser realizada a partir de uma representação geométrica mais simples, como por exemplo curvas de Bèzier ou B-Splines, para uma mais complexa, como NURBs (**Non Uniform Rational B-splines**), e nunca o contrário (KOIKE, 95), (RANKIN, OTT, 92).

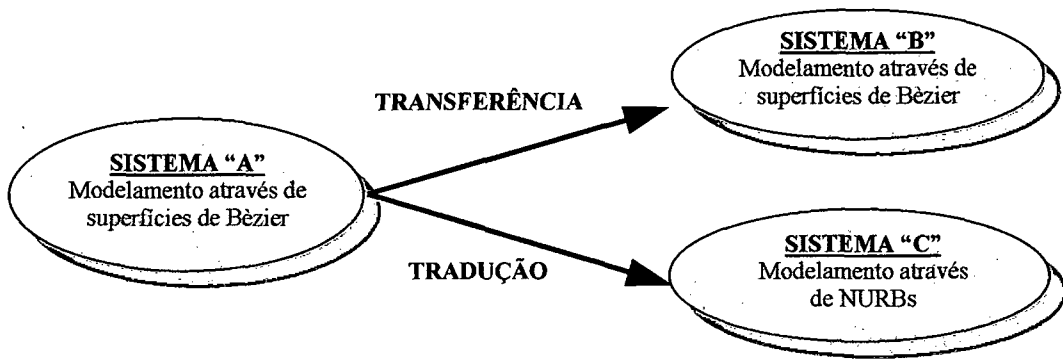


FIGURA 11 - Diferença entre transferência e tradução.

O fato das empresas fabricantes de moldes utilizarem sistemas CAx de diferentes fabricantes e que geram arquivos com padrões que diferem entre si torna necessária a utilização de interfaces e padrões comuns para a troca de dados de produtos entre esses sistemas (FERREIRA et alli, 95).

Este capítulo visa explicar de maneira genérica, os tipos de interfaces mais utilizadas para troca de dados entre sistemas CAx.

4.2. Classificação das interfaces para sistemas CAx

As interfaces dos sistemas CAx podem ser abertas ou proprietárias (FIGURA 12), sendo que as proprietárias subdividem-se em tradutores diretos e sistemas integrados. Uma das diferenças existentes entre elas é que as interfaces abertas usam padrões de domínio comum e as proprietárias usam interfaces privativas necessitando um par de interfaces para cada par de sistemas utilizado (RANKIN, OTT, 92).

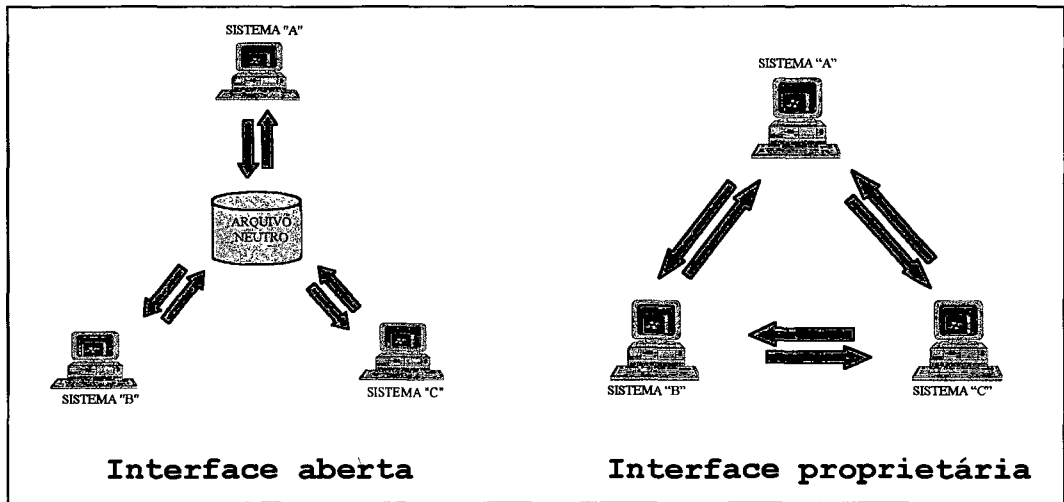


FIGURA 12 - Classificação das interfaces para sistemas CAx.

Os **tradutores diretos** são aqueles nas quais o interfaceamento é feito exclusivamente entre dois sistemas específicos, não sendo possível ser feito com outros sistemas. São a melhor maneira de exportar dados de um sistema que utiliza representações matemáticas de ordem superior (como Bèzier) para um que utiliza matemática de ordem inferior (como C-Splines). Por exemplo, se um sistema utiliza curvas de Bèzier e outro C-Splines, a interface faz uma aproximação das curvas Bèzier em C-Splines. Esse sistema dificulta bastante o trabalho quando torna-se necessária a inclusão de um terceiro aplicativo no processo (RANKIN, OTT, 92), (FERREIRA et alli, 95).

Os **sistemas integrados** são desenvolvidos de maneira tal que um determinado grupo de sistemas CAE/CAD/CAM é projetado para operar dentro de uma base de dados, não sendo necessário o uso de interfaces entre eles. Alguns dos principais desenvolvedores de softwares estão criando seus próprios sistemas integrados. Contudo, isso limita a capacidade do

usuário escolher a melhor combinação possível entre as ferramentas disponíveis no mercado (RANKIN, OTT, 92).

As **interfaces abertas** são também denominadas interfaces neutras pelo fato de fazerem uso de um arquivo em formato neutro para o interfaceamento entre os sistemas (FIGURA 12), requerendo a construção de um pré e pós-processador para cada sistema CAx utilizado. Com o uso de interfaces abertas pode-se, teoricamente, transferir dados entre quaisquer sistemas CAx, sendo essa flexibilidade a vantagem principal que as interfaces abertas têm sobre as proprietárias no processo de engenharia simultânea (RANKIN, OTT, 92), (FERREIRA et alli, 95). Esse trabalho concentra-se nas interfaces abertas pelo fato delas serem as mais utilizadas pela indústria de informática.

4.3. Padrões formais, industriais e de fato

A complexidade dos produtos manufaturados conjuntamente com a internacionalização crescente dos mercados fez com que se exija o uso de padrões. Os padrões podem ser classificados como formais, industriais e de fato.

A **padronização formal** é conduzida pelos institutos de normas técnicas de cada país do mundo, e em âmbito mundial pela ISO (*International Organization for Standardization*) e pela IEC (*International Electro-technical Comission*). Estas organizações suportam o desenvolvimento formal e a aplicação das normas pelas indústrias e governos não possuindo autoridade específica para

obrigar o uso destas normas ou exigir comprometimento das mesmas indústrias ou governos na sua utilização. Entretanto, muitos contratos governamentais requerem conformidade com padrões (normas) formais nacionais ou internacionais e grandes empresas exigem que seus fornecedores também sigam estas mesmas normas.

Os **padrões industriais**, por outro lado, são desenvolvidos para um mercado ou segmento industrial específico, sendo geralmente produzidos pelas associações industriais como o IEEE (*Institute of **E**letrical and **E**lectronic **E**ngineers*) ou a ASME (*American **S**ociety of **M**echanical **E**ngineers*) e tendo como objetivo regularizar a prática de um segmento industrial. Estes podem se tornar padrões formais se houver um interesse geral do segmento industrial como um todo. A IEEE 802.3 (*ethernet*), por exemplo, foi um padrão industrial de comunicação da indústria eletrônica que se tornou um padrão formal para redes de computadores.

Os **padrões de fato** aparecem sempre que existir mais de uma maneira de se realizar uma atividade. Tipicamente, se referem a um método ou produto que se tornou tão predominante em um dado campo que é aceito como um "padrão". Geralmente, os padrões de fato são propriedade tecnológica (por exemplo, desenvolvido e pertencente a uma companhia específica) que é copiado ou imitado por outros, muito provavelmente através de uma taxa. O sistema operacional DOS é um exemplo.

4.4. Formatos para arquivo neutro mais comuns

O desenvolvimento de interfaces para troca de dados entre diferentes sistemas CAD começou nos anos setenta (1978) quando a McAuto (**Mac**Donnell Douglas **A**utomation) iniciou o desenvolvimento de uma especificação de arquivos de troca de dados que deu origem ao IGES 1.0. Na década de oitenta vários trabalhos foram iniciados com o objetivo de estabelecer interfaces para a comunicação entre os vários sistemas CAD existentes no mercado.

Os principais padrões utilizados atualmente pela indústria de informática para prover o interfaceamento entre sistemas CAx, e de interesse para a área de moldes serão descritos a seguir.

4.4.1. IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*)

O IGES foi a primeira especificação para troca de dados de CAD publicada em 1980 nos EUA como um documento do NBS (**N**ational **B**ureau of **S**tandards), sendo hoje o padrão mais utilizado para troca de dados entre sistemas CAx. A versão IGES 1.0 foi aceita em 1981 como um padrão ANSI (**A**merican **N**ational **S**tandards **I**nstitute). Este padrão está sob o controle da NCGA (**N**ational **C**omputer **G**raphics **A**ssociation) nos EUA, sendo escrito e atualizado pela IPO (**I**GES/**P**DES **O**rganisation).

O IGES é um mecanismo de troca digital de dados entre dois sistemas CAx, sua concepção é baseada em técnicas de arquivo neutro (FIGURA 12) sendo provido de um formato de dados

para descrever o projeto do produto e as informações geométricas de manufatura que são criadas e armazenadas em formato computacional. O benefício deste formato comum é que o usuário não tem necessidade de um tradutor específico para cada sistema utilizado, requerendo apenas um tradutor de e para o formato IGES. Esses tradutores são constituídos de um pré e de um pós-processador. Devido a sua universalidade, pode transferir com êxito dados entre diferentes sistemas CAx com mínima perda de integridade. Contudo, os pré e pós-processadores constituem um dos pontos fracos do IGES, pelo fato destes possuírem diferentes arquiteturas e não haver um mecanismo para testar a qualidade da tradução (RANKIN, OTT, 92).

A estrutura interna do padrão IGES é composta por entidades geométricas (linhas, círculos, arcos, etc.) e não geométricas (textos, cotas, características, etc.), sendo que os arquivos gráficos que seguem a normalização IGES têm sua estrutura dividida em cinco seções:

1. Seção inicial - utilizada para fins de documentação de arquivo gráfico;
2. Seção global - contém informações como nome do desenho, autor, data de criação, unidades dimensionais entre outras;
3. Seção diretório - contém dados comuns a cada entidade que compõe o desenho como cor, espessura das linhas, tipo das linhas, etc.;

4. Seção parâmetros - contém parâmetros característicos de cada entidade como: partes inicial e final, linhas, localização de vetores que descrevem superfícies, etc.;
5. Seção terminal - é composta de uma única linha, contendo o número dos registros de cada uma das seções citadas anteriormente.

No padrão IGES cabem cerca de 50 entidades diferentes, sendo que em suas primeiras versões este padrão foi desenvolvido para troca de dados de desenho como modelos 2D/3D em wireframe, texto, dados de dimensionamento, e uma limitada classe de superfícies. Devido às críticas motivadas pelas dificuldades enfrentadas na transferência de dados usando este padrão, foi gradativamente estendido e desenvolvido no que diz respeito a entidades, sintaxe, clareza e consistência. A versão corrente, IGES 5.2, proporciona as seguintes capacidades (VUOSKOSKI, 96):

- Geometria: 2D/3D wireframe, curvas e superfícies 2D/3D, CSG (**C**onstrutive **S**olid **G**eometry) - desde a versão 4.0 em 1988, B-rep (**B**oundary-**r**epresentation) - desde a versão 5.1 em 1991, NURBs (**N**onuniform **R**ational **B-splines**);
- Apresentação: entidades de projeto normalizadas para desenhos técnicos;
- Modelamento em Elementos Finitos: elementos para sistemas FEM (**F**inite **E**lement **M**ethod);
- Elementos para circuitos eletrônicos.

O padrão IGES não atende todo o ciclo de vida de um produto, ou seja, não existe uma transferência abrangente de todas as informações do produto, tais como, lista de materiais, dados de montagem e planejamento da produção. Além disto apresenta inconsistências em sua aplicação, devido as ambigüidades nos sistemas CAD e ao fato de não haver um padrão para projeto de sistemas CAD nem para a certificação dos pré e pós-processadores (FERREIRA et alli, 95). Outro problema é que o tamanho dos arquivos gerados em IGES é normalmente muito grande em relação aos demais padrões, tornando elevado o tempo de processamento (VUOSKOSKI, 96).

4.4.2. VDAIS e VDAFS

O padrão VDAIS (*Verband der Deutschen Automobilindustrie IGES Schnittstelle*) é um subgrupo do padrão IGES definido pela indústria automobilística alemã. Proporciona uma transferência mais adequada e segura devida a uma cuidadosa definição das entidades.

O padrão VDAFS (*Verband der Deutschen Automobilindustrie Flächen Schnittstelle*) é um formato alemão de arquivo neutro para a transferência de superfícies de forma livre, transformando-se num padrão DIN (*Deutsche Industrie Normen*) a partir de 1986. Este padrão suporta geometrias elementares de curvas e superfícies e alguma topologia para definir modelos mais complexos. Como o VDAIS, é usado pela indústria

automobilística alemã, devendo em breve ser substituído pelo STEP.

4.4.3. DXF (*Data Exchange Format*)

O padrão DXF foi originalmente desenvolvido pela Autodesk® Inc., criadora do software de CAD AutoCAD™, tornando-se um padrão "de fato" entre vários fornecedores de sistemas CAD para a transferência de dados 2D/3D em wireframe. Todas as versões do AutoCAD™ aceitam este formato e são capazes de convertê-lo de e para a sua representação interna. Um arquivo DXF é uma representação completa do banco de dados do AutoCAD™, o que torna-o impossível de ser usado por outros sistemas CAD, sendo que a versão DXF 13.0 suporta representações em wireframe, superfícies e sólidos (VUOSKOSKI, 96).

Um arquivo DXF consiste de quatro seções:

1. Seção *Header* - contém informações gerais sobre o desenho;
2. Seção *Table* - contém definições de tipos de linhas, camadas (*layers*), estilos de texto, vistas, etc.;
3. Seção *Block* - possui entidades para a definição de blocos usados nos desenhos;
4. Seção *Entity* - contém as entidades do desenho, incluindo qualquer referência aos blocos. Os itens dessa seção existem também na seção *block* e a aparência das entidades nessas duas seções é a mesma.

4.4.4. SET (*Standard d'Echange et de Transfert*)

SET é um padrão francês para a transferência e o arquivamento de dados de sistemas CAE, sendo suportado por vários sistemas CAD. Foi inicialmente desenvolvido pela Aerospatiale em 1983, como uma alternativa ao IGES, para a transferência de dados entre diferentes sistemas CAD, tornando-se um padrão oficial francês, Afnor Z68-300, em 1985.

O padrão SET suporta modelos em wireframe, superfícies e sólidos, incluindo CSG e B-rep, bem como dados científicos e modelagem FEM (***F**inite **E**lement **M**ethod*). Reconhecidamente o SET é um padrão importante por apresentar os dados de uma forma não ambígua, ser de tamanho compacto, e suficientemente flexível para suportar a demanda da indústria de sistemas CAx.

4.4.5. STL

O formato stl (arquivo para Stereolitografia) é o padrão original para sistemas de Prototipagem Rápida, tendo sido criado pela empresa 3D Systems®. Um arquivo stl é uma representação facetada das superfícies externas da peça, onde cada superfície é definida por uma série de pequenas faces planas triangulares tridimensionais conectadas, cujos vértices são ordenados para indicar que lado do triângulo contém a massa.

Muitos sistemas CAD com modelamento de sólidos possuem a capacidade de exportar arquivos no formato stl, tornando-o um padrão de fato para todos os sistemas de prototipagem rápida.

4.4.6. STEP

A informação gerada por um produto durante o seu projeto, manufatura, uso, manutenção e descarte é usada para vários propósitos durante o seu ciclo de vida. O uso pode envolver muitos sistemas computacionais, incluindo aqueles localizados em diferentes empresas. Para suportar tais usos, as empresas devem ser capazes de representar as suas informações relativas ao produto num formato que o computador possa interpretar, para que os dados sejam completos e consistentes quando transferidos entre os sistemas computacionais. Isto mostra a necessidade de um padrão que vá além do IGES e cubra todo o ciclo de vida do produto. Como mostrado na FIGURA 13, o STEP tem essa proposta.

STEP é o nome não oficial da norma ISO 10303, um padrão internacional para a troca e representação de dados de produto. Foi proposta em 1984 estando ainda em desenvolvimento através de vários projetos em diferentes países, pretendendo cobrir todas as informações do produto durante seu ciclo de vida, o que nunca tinha sido feito até então.

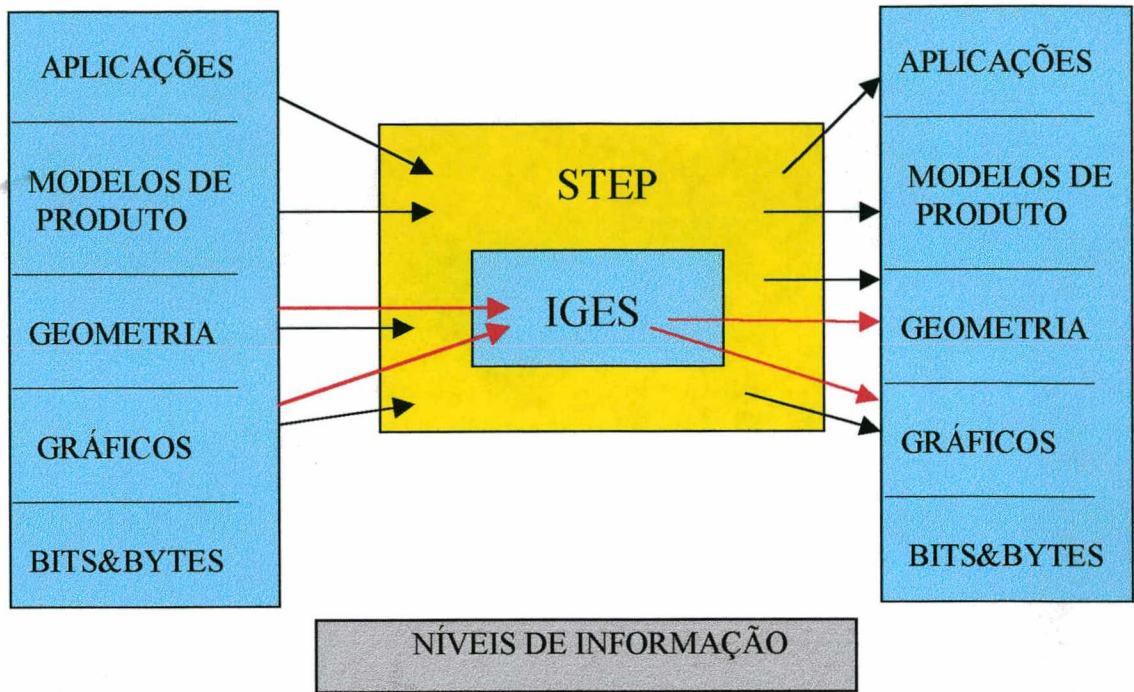


FIGURA 13- Níveis de informação abrangidos pelo IGES e pelo STEP.

Resumindo, os objetivos do STEP são:

- Acomodar todos os dados usados na descrição de um produto;
- Acomodar toda a perspectiva de vida do produto que utilize dados deste;
- Acomodar múltiplas maneiras de utilizar estes dados;
- Compartilhar dados de maneira precisa e não ambígua;
- Compartilhar dados entre aplicações específicas;
- Compartilhar dados sem restrição de caminho em uma iniciativa de usar dados mesmo que a indústria adote processos melhorados.

Uma de suas características principais é a separação feita entre a representação das informações do produto e os métodos de implementação. Os **métodos de implementação** são usados para transferência de dados, enquanto a **representação** oferece uma definição das informações do produto para várias aplicações. O STEP também fornece uma base para o arquivamento das informações do produto e uma metodologia para o teste de conformidade das implementações (VUOSKOSKI, 96).

A estrutura do STEP é baseada na arquitetura de três níveis dos sistemas de administração de banco de dados (nível externo, conceitual e interno), sendo dividido nas seguintes partes (FIGURA 14):

- Princípios fundamentais - define as diretrizes básicas do STEP;
- Métodos de descrição (*description methods*) - é a linguagem de modelamento de dados EXPRESS que representa as informações do produto;
- Métodos de implementação (*implementation methods*) - contém as definições da representação física das informações do produto;
- Teste de conformidade (*conformance testing*) - é uma metodologia e uma estrutura para testes de conformidade;
- Recursos integrados (*logical layer*) - são modelos de informação para fins gerais como geometria e

topologia, ou para áreas de aplicação geral como desenho e análise de elementos finitos. Estes documentos constituem a base de elaboração usada na construção de protocolos de aplicação (APS);

- Protocolos de aplicação (application layer) - contém as definições da representação das informações do produto que são específicas para uma área de aplicação particular.

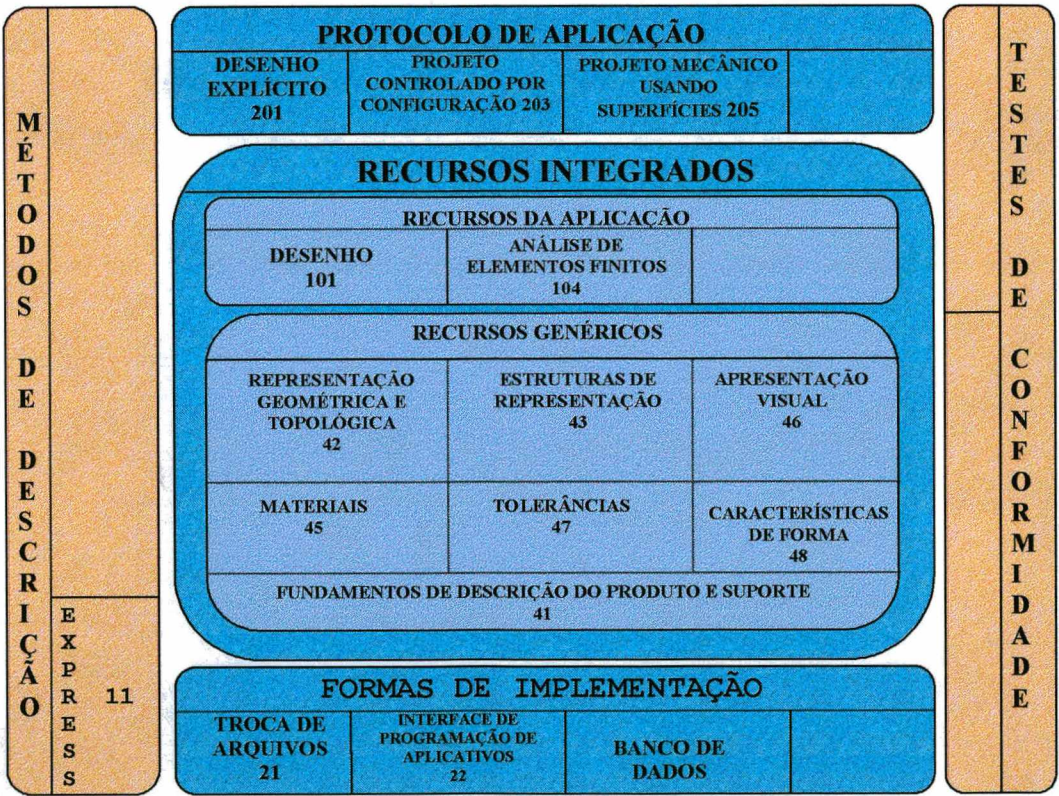


FIGURA 14 - Estrutura do STEP.

A primeira versão do STEP (maio 1994) compreende doze padrões internacionais.

O STEP possibilitará que todas as pessoas envolvidas com o projeto, manufatura, marketing e vendas de um produto e seus componentes, contribuam, acessem, e compartilhem informações, eliminando as chamadas "ilhas de automação" (NOAKER, 97).

4.5. Problemas com a transferência de dados

Existem vários problemas relativos à transferência de dados entre sistemas CAx. Esses problemas podem ser originados de três fontes principais: especificações, interfaces e natureza dos sistemas CAx (VUOSKOSKI, 96).

4.5.1. Especificações mal elaboradas

Uma especificação de arquivo neutro causa problemas quando é ambígua (entidades definidas redundantemente) e incompleta. Dois sistemas CAx não são capazes de trocar informações se as entidades que suportam são diferentes, mesmo que suportem a mesma informação (DIEHL, 96). Ainda, mesmo que uma especificação cubra um amplo conjunto de entidades, nem sempre fornece a entidade correta para uma tarefa em particular. As especificações são muitas vezes demasiadamente genéricas e não oferecem regras claras para a implementação dos pré e pós-processadores dos sistemas CAx, ou seja, os fornecedores destes sistemas podem interpretar o padrão de diferentes maneiras. Estas são também razões para a criação de padrões como o VDAIS, um subgrupo do IGES, por exemplo. O uso de um subgrupo de um

padrão estritamente definido, com claras regras para interpretar dará sempre melhores resultados, mesmo que restrinja o domínio da troca de informações (RANKIN, OTT, 92), (VUOSKOSKI, 96).

4.5.2. Interfaces mal implementadas

As implementações dos pré e pós processadores dos sistemas CAx são freqüentemente defeituosas (VUOSKOSKI, 96). Uma interface pode ser implementada para suportar somente uma parte de um padrão de arquivo neutro, pois um padrão complexo é sempre muito difícil de implementar. O uso de ferramentas para teste das interfaces ajuda na detecção de erros de interfaceamento (VUOSKOSKI, 96).

4.5.3. Natureza dos sistemas CAx

Muitos problemas são causados pelas diferenças entre os sistemas CAx. As diferenças entre os sistemas de envio e recepção determinam o montante de dados que é perdido durante a transferência. A FIGURA 15 ilustra esquematicamente a informação que pode ser transferida entre dois sistemas CAx. As diferenças entre sistemas CAx podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Representação geométrica;
- Descrição matemática;
- Estrutura de representação;
- Precisão.

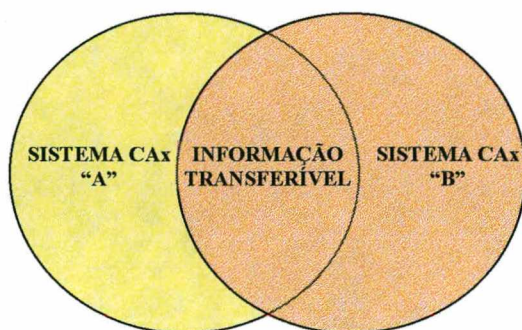


FIGURA 15 - Representação esquemática da informação que pode ser transferida entre dois sistemas CAx.

Se os sistemas CAx usam diferentes tipos de **representações geométricas**, podem trocar dados somente se a conversão da representação do sistema emissor para a do sistema receptor for possível. Por exemplo, se o sistema emissor usa representação por modelos sólidos, esses modelos não podem ser enviados como sólidos para sistemas que usam representação em wireframe ou 2D (KOIKE, 95).

As **descrições matemáticas** de algumas entidades podem ser diferentes. Algumas podem empregar superfícies na forma de uma B-spline uniforme, enquanto outras usam superfícies de Bèzier, por exemplo (VUOSKOSKI, 96).

Normalmente, as **estruturas de representação** dos sistemas CAx diferem entre si. Se, por exemplo, os mecanismos de agrupamento das entidades forem diferentes em dois sistemas CAx, surgirão problemas durante a transmissão dos dados (HOIMYR, 96).

A **precisão** do sistema ou da representação pode trazer algumas dificuldades. O sistema de origem pode, por exemplo, usar uma precisão que venha a ser o dobro do sistema de destino, resultando na impossibilidade de interfaceamento entre eles (HOIMYR, 96).

Um tradutor direto entre dois sistemas CAx normalmente traz bons resultados, pois descarta informações defeituosas ou as converte em uma representação que possa ser "entendida" pelo sistema receptor. Todavia, as implementações de tradutores diretos são caras e o número de tradutores necessários cresce exponencialmente em relação à quantidade de sistemas CAx envolvidos. Para superar esses problemas, um programa de adaptação é necessário. Os programas de adaptação, lêem um arquivo neutro padrão, adaptam-no conforme o sistema receptor, e o reescrevem novamente de acordo com o arquivo padrão. Os programas normalmente deletam entidades, mudam os tipos de entidades e fazem conversões matemáticas de uma representação para outra.

Capítulo 5 - APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASOS UTILIZANDO UM SISTEMA DE VIDEOCONFERÊNCIA NO AUXÍLIO AO PROJETO DE MOLDES PARA PEÇAS DE PLÁSTICO INJETADAS

5.1. Considerações iniciais

Com o objetivo de avaliar a utilização de um sistema de videoconferência via Internet, no estado atual de sua evolução tecnológica, como ferramenta no auxílio ao projeto de moldes para peças de plástico injetadas, foi realizado um estudo de casos, com base em um procedimento especificamente criado para este estudo, fundamentado a partir dos conceitos e conhecimentos descritos nos capítulos anteriores.

O estudo de casos foi realizado nos equipamentos do GRUCON/CIMJECT na Universidade Federal de Santa Catarina e

consistiu, basicamente, em modelar cavidades de moldes em um sistema CAD (instalado em uma primeira estação de trabalho), transferir o modelo, no formato STL, via videoconferência, para um sistema CAE (instalado em uma segunda estação), afim de realizar a simulação do processo de moldagem por injeção e, posteriormente, realizar a discussão dos resultados da simulação, através dos recursos oferecidos por um software de videoconferência de mesa (instalado em ambas as estações).

Para tanto, foram definidas duas pessoas responsáveis pelo trabalho, uma pelas atividades de CAD e outra pelas de CAE. Devido às dificuldades de implantação da engenharia simultânea expostas no item 2.4 e, também ao fato de que a proposta deste trabalho é avaliar somente os aspectos operacionais relativos à utilização de um sistema de videoconferência de mesa no auxílio ao projeto de moldes para injeção de plástico, neste estudo de casos não é dada ênfase à utilização da filosofia de engenharia simultânea.

Foram desenvolvidos dois casos. No **primeiro caso**, as estações de CAD e CAE utilizaram para a conexão o servidor de diretório do software de videoconferência **NetMeeting™** (ils.ufv.br) localizado na Universidade de Viçosa em Minas Gerais visando simular a situação de estações de CAD e CAE localizadas em duas empresas geograficamente distantes uma da outra. Na prática, a conexão se deu como se as estações CAD e CAE estivessem equidistantes em relação ao servidor. O servidor de diretório é um "refletor" para onde os dados dos usuários do

NetMeeting™ são enviados e retransmitidos aos outros usuários da conexão de videoconferência. Portanto, a conexão das estações de CAD e CAE ao refletor se deu pela linha dedicada que a UFSC tem com o *backbone*² da RNP (Rede Nacional de Pesquisa), que é o mesmo da Universidade de Viçosa, o que traz ganhos em relação a velocidade de transmissão (FIGURA 16).

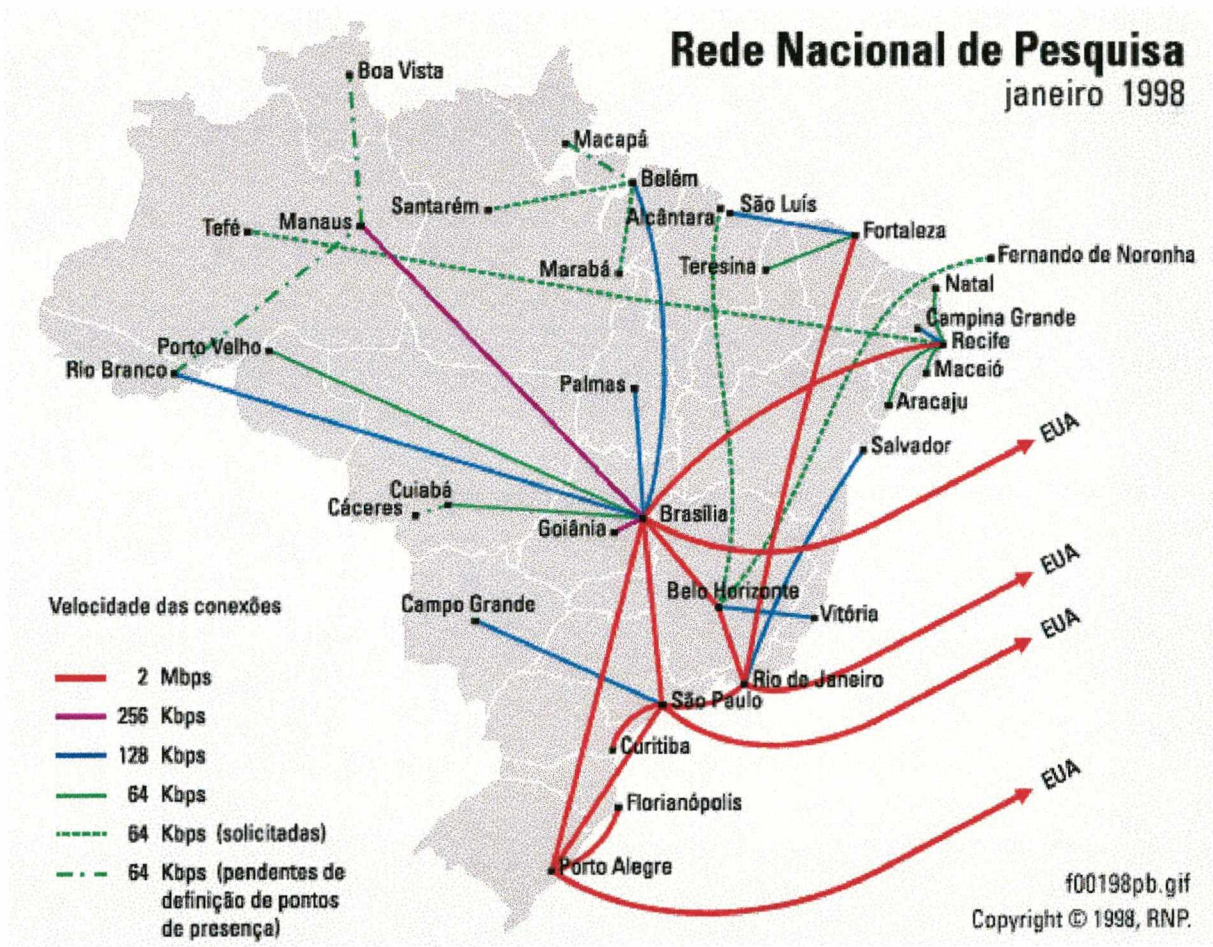


FIGURA 16 – Esquema representativo do *backbone* da RNP.

O **segundo caso** simulou a situação de projeto de uma peça plástica (cavidade) através de videoconferência, quando

² *Backbone* é uma espinha dorsal, sobre a qual a Internet está baseada localmente.

realizada dentro da rede interna de uma mesma empresa. Portanto, a conexão entre os responsáveis pelo CAD e pelo CAE foi feita pela conexão direta entre as duas estações, sem a utilização da Internet, com as taxas de transmissão típicas de uma rede Ethernet (10Mbps).

Adicionalmente foi feita uma **tentativa de conexão** entre o GRUCON/CIMJECT e a empresa MoldeMatos Lda., situada em Portugal, utilizando-se para tal o servidor da Universidade de Viçosa em Minas Gerais (ils.ufv.br). Nesta tentativa, o GRUCON/CIMJECT utilizou para conectar-se ao refletor a sua linha dedicada ao backbone da RNP (Rede Nacional de Pesquisa) e a MoldeMatos, um modem de 28,8 kbps.

Todo o processo de comunicação foi avaliado e criticado, dando origem a uma sistemática mais apurada para a execução do projeto de moldes para injeção de plástico por videoconferência de mesa. Essa sistemática é descrita na seção 6.3.1 do CAPÍTULO 6.

5.2. Softwares utilizados no trabalho

Para o estudo de casos foram utilizados o software de CAD **MicroStation Modeler™**, para modelar as cavidades/peças, o software de CAE **C-Mold QuickFill 3D™** e o software de CAD/CAE **MoldFlow™**, para a simulação do processo de moldagem por injeção, além do software de videoconferência **NetMeeting™**.

A utilização dos softwares **MicroStation Modeler™**, **C-Mold QuickFill 3D™** e **MoldFlow™** se deveu ao fato desses serem

softwares bastante utilizados pela indústria de moldes e estarem disponíveis no GRUCON/CIMJECT. Já a escolha do **NetMeeting™** se deu a partir de uma análise dos principais softwares para videoconferência de mesa disponíveis no mercado. O software selecionado deveria preencher os seguintes requisitos:

- Possuir compatibilidade com os padrões da ITU;
- Possuir preço acessível às pequenas e médias empresas do setor de plásticos;
- Ser de fácil instalação, aprendizado e operação ;
- Permitir conferências com três ou mais usuários simultâneos (multiponto);
- Permitir áudio *full-duplex*³;
- Permitir resolução mínima de 640x480 pontos por polegada;
- Possuir compatibilidade com o protocolo TCP/IP, sendo aplicável à redes locais;
- Possuir recurso de compartilhamento de aplicativos;
- Possuir o aplicativo de quadro-branco;
- Permitir a conexão e a transferência de arquivos via Internet;
- Possuir recurso de bate-papo;
- Possuir bom suporte por parte do fabricante.

³ Os sinais de áudio podem ser emitidos de duas maneiras: *half-duplex*, quando somente um dos usuários do sistema de DVC pode emitir os sinais áudio de cada vez, ou *full-duplex*, quando os sinais de áudio podem ser emitidos simultaneamente por todos os usuários do sistema de DVC. Dentre os dois, o que demanda a maior banda passante é o *full-duplex*.

O QUADRO 6 mostra os principais softwares analisados e suas características mais relevantes.

A adoção do **NetMeeting™** se justificou pelo fato de ser gratuito, possuir um bom suporte por parte do fornecedor, ser o software de videoconferência mais difundido atualmente, possuir compatibilidade com os padrões de telecomunicação internacionais, possuir todos os aplicativos desejados (compartilhamento de aplicativos, transferência de arquivos, bate-papo e quadro-branco) e ser fácil de usar, o que se insere perfeitamente na característica das empresas do setor de plásticos, tradicionalmente avessas à investir em tecnologias emergentes.

S = Sim N = Não	Microsoft NetMeeting™	BocaPRO Video Phone™	Connectix VideoPhone 1.1™	Sharevision 2.0™	ProShare 2.0™	CU-SeeMee 2.02™	Videolink™
Compatibilidade ITU	S	S	N	N	S	S	S
Compatibilidade TCP/IP	S/S	OPCIONAL	S	N	S	S	N
Instalação/aprendizado/oper.	MUITO BOM	BOM	BOM	BOM	BOM	MUITO BOM	BOM
Permite videoconferência multiponto	S	N	S	N	S	S	N
Áudio full-duplex	S	S	N (*)	S	S	N (*)	N (*)
Resolução máxima	1600X1200	640X480	640x480	1600X1200	640X480	640X480	320X240
Compartilhamento	S	N	S	S	S	S	N
Quadro-branco	S	N	S	S	S	S	N
Transferência de arquivos	S	N	S	S	S	N	N
Bate-papo	S	N	S	N	N	S	S
Preço**	1	5	3	6	7	2	4
* Depende das características do sistema, externas ao kit de videoconferência. ** O item preço foi dividido em sete níveis, do gratuito (1) ao mais caro (7).							

QUADRO 6 - Características dos softwares de videoconferência de mesa analisados.

5.2.1. O MicroStation Modeler™

Como citado anteriormente, as peças do estudo de casos foram modeladas no **MicroStation Modeler™**.

O **MicroStation Modeler™** é um aplicativo de modelamento em sólidos do software de CAD **MicroStation™**. É um software paramétrico e baseado em *features* completamente integrado dentro do ambiente **MicroStation™**, encampando todas as suas características tais como: módulo *drafting*, modelamento de superfícies, banco de dados de interfaceamento (transferência de formatos STL, DXF, IGES, entre outros), módulo de montagem de conjuntos (*assembly*), e funções de visualização. Através da **parametrização** torna-se possível a associação de parâmetros às geometrias que permitem o estabelecimento de relações matemáticas entre si. Já a implementação de **features** apresenta-se como um recurso mais interessante do que as tradicionais operações booleanas, onde os modelos sólidos são gerados a partir de adição, subtração e/ou interseção entre elementos primitivos como cubos, esferas, etc. As *features*, além de mais intuitivas por adotarem a mesma linguagem dos usuários (furos, chanfros, etc.), também são um pouco mais inteligentes do que os recursos que as precederam porque, por exemplo, pode-se simplesmente definir um furo como sendo passante, ao invés de subtrair o volume respectivo a ele de uma peça a ser usinada a partir de um cilindro cuja altura deve ser prevista pelo usuário (PEDRA, 97).

O modelamento dos elementos sólidos se dá pela combinação entre a Geometria Construtiva Sólida (CSG) e as técnicas B-Rep (*Boundary-Representation*), visando como resultado a combinação das características de operações booleanas da CSG com a vasta

gama de objetos que podem ser representados através da B-Rep.

5.2.2. O NetMeeting 2.0™

O **NetMeeting™** é um software de videoconferência da Microsoft®, disponível gratuitamente na Internet, cujos recursos de **conferências de dados** permitem a colaboração com um grupo de pessoas em qualquer aplicativo do Windows; desenhando em um quadro de comunicações compartilhado, enviando mensagens de texto e transferindo arquivos. O **áudio** do **NetMeeting™** é dimensionado para possibilitar a comunicação em tempo real com outras pessoas na Internet. Já os recursos de **vídeo** são projetados para operar com qualquer placa de captura de vídeo ou câmera que seja compatível com o Windows® usando um modem padrão de 28.8 kbps em conexões à Internet, conexões IP sobre ISDN, ou conexões de redes locais (LAN). Os recursos de vídeo, áudio e conferência de dados do **NetMeeting™** são baseados em padrões da indústria (padrões H.323, H.363 e T.120 entre outros), possibilitando a comunicação entre pessoas que utilizem produtos compatíveis. A execução de videoconferência através do **NetMeeting™** apresenta ainda os seguintes recursos:

- Capacidade de ajustar a qualidade e o tamanho da janela de vídeo.
- Possibilidade de copiar imagens de vídeo para a área de transferência.
- Suporte à tecnologia MMX™ da Intel® através de códigos

especializados para MMX no **NetMeeting™** que oferecem um desempenho avançado para compressão e descompressão de vídeo.

- Suporte para áudio half-duplex e full-duplex para conversas em tempo real, configuração automática do nível de sensibilidade do microfone e do seu volume, que permite o controle do sinal de áudio durante uma chamada.

- Suporte a conferência de dados multiponto que possibilita comunicar e colaborar com outras pessoas em tempo real na Internet ou em uma Intranet corporativa. O **NetMeeting™** permite compartilhar aplicativos, trocar informações nesses aplicativos através de uma área de transferência compartilhada, transferir arquivos, colaborar em um quadro de comunicações compartilhado, e comunicar-se através de bate-papo baseado em texto. A pessoa que compartilha o aplicativo pode colaborar com outra numa chamada e ambos podem alternar a edição e controle do aplicativo. Apenas a pessoa que compartilha o programa necessita tê-lo instalado em seu computador. A área de transferência compartilhada possibilita a troca de conteúdo em uma ligação através dos comandos de cortar, copiar e colar. Por exemplo, existe a capacidade de copiar informações de um documento local e colá-las num aplicativo compartilhado como parte de uma colaboração de grupo. Essa capacidade oferece uma troca de informações entre o aplicativo compartilhado e o local.

- Tela em branco compartilhada. O programa de tela em branco é um aplicativo de multi-página e multi-usuário, que permite desenhar diagramas, organogramas ou exibir outras

informações gráficas para as pessoas numa sessão. O quadro de comunicações é orientado a objeto (em vez de orientado a pixel), permitindo mover e manipular o conteúdo clicando e arrastando o mouse. Além disso, pode-se usar um indicador ou ferramenta semelhante para apontar partes específicas ou seções das páginas compartilhadas. Essa capacidade estende o recurso de compartilhamento de aplicativos por suportar colaboração para esse fim em uma área de desenho comum.

- Bate-papo. Pode-se digitar mensagens de texto para trocar idéias ou tópicos com outras pessoas, ou registrar notas de uma reunião e itens de ação como parte de um processo de colaboração. Também é possível usar o bate-papo para comunicação na ausência de suporte de áudio. O recurso de "sussurro" permite ter uma conversa particular com outra pessoa durante uma sessão de bate-papo em grupo.

5.2.3. O MoldFlow 9.2™

O **MoldFlow™** é um software de CAD/CAE destinado à análise **reológica** (relativa ao comportamento do plástico durante a injeção) e **térmica**, ao longo do ciclo de injeção, considerando, inclusive, problemas relativos à contração e ao empenamento da peça após ser retirada do molde (MOLDFLOW, 93), (KOIKE, 95). Considerando particularmente a análise reológica, podem ser obtidas informações qualitativas e quantitativas que permitem (DIHLMANN, 93), (KOIKE, 95):

- determinar quantos pontos de injeção são necessários

bem como a sua localização;

- prever o aparecimento de possíveis "bolhas de ar" no interior do moldado e linhas de solda na superfície do mesmo;
- determinar a orientação principal do fluxo dentro dos canais de injeção e da cavidade do molde; e
- determinar parâmetros do processo de injeção.

A análise térmica, por sua vez, possibilita o balanceamento do sistema de refrigeração do molde de maneira que a transferência de calor do material para o molde seja a mais homogênea possível, o que evita distorções posteriores na peça, além de problemas relativos à sua extração (KOIKE, 95). Neste trabalho são abordados aspectos relativos apenas à análise reológica.

O **MoldFlow™** é constituído por uma base de dados reológicos em que se encontra individualizada a maioria das matérias-primas dos diversos fabricantes, um programa de CAD para desenho da superfície média das peças, um gerador de malha de elementos finitos e um programa de simulação propriamente dito (POUZADA, BRITO, 91).

5.2.4. O C-Mold QuickFill 3D™

O **C-Mold QuickFill 3D™** é um software de CAE que simula o processo de injeção de plásticos baseado em um modelo gerado externamente por um software de modelamento de sólidos, não necessitando, portanto, de uma superfície média para efetuar as

análises reológicas e térmicas. Ele permite o interfaceamento com qualquer CAD modelador de sólidos que gere arquivos no formato STL.

Através da simulação podem ser obtidas as seguintes informações:

- Avanço da frente de fluxo;
- Animação da frente de fluxo;
- Pressão no moldado;
- Temperatura da peça;
- Orientação do material;
- Tempo de enchimento da cavidade;
- Tempo de resfriamento da peça;
- Força de fechamento;
- Peso da peça.

O banco de dados de materiais possui as vinte resinas mais comuns, permitindo ao usuário inserir externamente os dados de uma resina específica.

5.3. Hardware utilizado no trabalho

Esta seção descreve as configurações relativas às redes e aos microcomputadores utilizados neste estudo de casos.

Foram utilizados dois computadores, denominados **MICRO 1** (CAD) e **MICRO 2** (CAE), conectados à Internet por uma linha dedicada com o backbone da RNP - Rede Nacional de Pesquisa (FIGURA 16).

As configurações dos microcomputadores são as seguintes:

MICRO 1 (CAD) :

- Processador AMD K6 200 MMX;
- Placa de vídeo Diamond Stealth 3000 3D;
- Placa de som Addonics Sound Card 500;
- Microfone QuickSoft;
- Caixas acústicas Advent;
- Câmera Color Quickcam;
- Placa de rede PCI Ethetnet;
- Principais Softwares instalados:
 - Windows NT 4.0 Workstation;
 - Microsoft Office;
 - Microsoft NetMeeting 2.0;
 - Microstation Modeler.

MICRO 2 (CAE) :

- Processador Pentium 200;
- Placa de vídeo Diamond Stealth 2000 3D;
- Placa de som Blaster 16;
- Microfone Quicksoft;
- Caixas acústicas Advent;
- Câmera Color Quickcam;
- Placa de rede PCI Ethetnet.
- Principais Softwares instalados:

- Windows 95;
- Microsoft Office;
- Microsoft NetMeeting 2.0;
- MoldFlow 9.2;
- C-Mold QuickFill 3D.

5.4. Metodologia utilizada na análise reológica

A metodologia a ser utilizada para a análise reológica neste trabalho foi proposta por (DIHLMANN, 93). Ela inclui, resumidamente as seguintes etapas:

a) seleção do material e parâmetros iniciais do processo de injeção

Para seleção do material da peça lança-se mão de várias premissas. Pode-se basear em experiências adquiridas com aplicações anteriores das quais se tem resultados práticos e informações documentadas. No caso de peças técnicas é imprescindível saber as condições às quais a peça será submetida, o ambiente em que a mesma ficará exposta, a finalidade e requisitos funcionais, exigências estéticas, entre outros fatores (KOIKE, 95). A seleção pode ser feita, ainda, por catálogos de fabricantes das resinas poliméricas, por consulta direta a esses fabricantes, ou através do banco de dados que os próprios sistemas CAE possuem. Aqui deve-se devidamente observar que os sistemas CAE possuem bibliotecas de materiais de fabricantes internacionais, sendo comum haver discrepâncias com relação aos contratipos nacionais.

No caso dos parâmetros iniciais de injeção, a experiência adquirida com a prática também tem relevância, servindo como dados de entrada ao sistema CAE na etapa de simulação do preenchimento da cavidade.

b) modelamento geométrico

Na etapa de modelamento são definidas geometricamente as fêmeas, machos e canais de injeção através dos quais será feito o preenchimento do molde.

Pelo fato do aplicativo de modelamento dos softwares CAE possuir recursos mais limitados em relação aos softwares dedicados exclusivamente ao CAD, recomenda-se que o modelamento seja executado por um sistema CAD ao invés do módulo de modelamento do próprio sistema CAE, se este o possuir, designando-o preferencialmente para simulações e análises de preenchimento (DIHLMANN, 93). Isto torna necessária a troca de dados entre sistemas CAD e CAE via interfaces padronizadas, como STL ou através de interfaces diretas entre os dois sistemas. No caso do **MoldFlow™**, onde os modelos são representados através da **superfície média** (superfície que passa na espessura média das paredes da peça), torna-se necessário que o modelamento seja criteriosamente feito de acordo com as particularidades do sistema CAE (AHRENS, 94). Já os canais de injeção são representados por linhas. Esta simplificação tem como objetivo facilitar a solução das equações usadas pelo sistema, tornando-as bidimensionais (MENGES, MOHREN, 93). No caso deste estudo de casos, a superfície média foi gerada no **MicroStation Modeler™** e

exportada via interface STL, para o **MoldFlow™**, onde foi refinada a malha e modelados os canais de injeção. No caso do **C-Mold QuickFill 3D™**, que não possui módulo CAD, o modelo foi exportado diretamente para o CAE, não sendo necessárias nem possíveis, dentro do software, adaptações de qualquer ordem.

c) geração da malha de elementos finitos a partir do modelo geométrico

Os softwares CAE necessitam uma malha de elementos finitos para solucionar as equações e fazer a simulação do preenchimento do molde. A geração desta malha representa a operação de discretização das superfícies do modelo em vários elementos triangulares interconectados entre si (DIHLMANN, 93).

Como anteriormente citado, no caso deste trabalho a malha foi gerada diretamente no **MicroStation Modeler™** e exportada para o **C-Mold QuickFill 3D™** e para o **MoldFlow™** via interface STL.

d) simulação do preenchimento das cavidades

Após as etapas anteriores é feita a simulação do preenchimento das cavidades a partir dos dados iniciais definidos para o processo de injeção (KOIKE, 95).

A simulação completa envolve duas etapas distintas (AHRENS, 94): um processamento, no qual as variáveis de processo (pressão, tempo de preenchimento, tensão cisalhante, etc.) são calculadas e, em seguida, um pós-processamento, no qual os

resultados anteriormente obtidos são organizados para fornecer uma apresentação ao usuário, através de gráficos e simulação gráfica dinâmica.

e) análise qualitativa e quantitativa dos resultados

Os sistemas CAE para plásticos disponíveis no mercado atualmente não apresentam diretamente quais são as alterações, se necessárias, que devem ser feitas com o intuito de otimizar o projeto do molde ou da peça e evitar problemas de injeção. O usuário é que deve interpretar os resultados fornecidos pelo mesmo e através desses, efetuar as alterações nos parâmetros, canais de injeção ou na própria geometria do modelo (POUZADA, BRITO, 91).

De posse dos resultados fornecidos pelo sistema, basicamente os objetivos finais procurados são (MOLDFLOW, 91), (DIHLMANN, 93), (KOIKE, 95):

- obtenção de um fluxo de preenchimento balanceado, homogêneo e uniforme;
- máxima uniformidade no tempo de resfriamento das cavidades;
- ausência ou minimização de defeitos, como bolhas de ar, linhas de solda e rechupes; e
- minimizar as tensões residuais na peça.

5.5. Descrição do procedimento usado no estudo de casos

Para a execução deste estudo de casos foi criado um

cronograma acompanhado de um procedimento para a sua realização, mostrado no QUADRO 7. Foram alocadas duas pessoas, uma responsável pelo CAD e outra pelo CAE.

FASE	QUEM	O QUE	COMO	ONDE	QUANDO
1	CAD	- Modelamento da geometria da peça-protótipo	MICROSTATION	CIMJECT (MICRO 1)	Semana 1
2	CAE CAD	- Discussão preliminar da geometria da peça-protótipo com CAE (mostrar usando recurso de compartilhamento de aplicativos do NetMeeting)	NETMEETING	INTERNET	Semana 1, dia 4
3	CAE CAD	- Modelamento e transferência da linha média	NETMEETING	INTERNET	Semana 1, dia 4 ou 5
-	CAE CAD	- Realizar reuniões diárias para discussão do projeto, com no máximo uma hora de duração, em horários preestabelecidos	NETMEETING	INTERNET	Todos os dias
4	CAE	- Análise de fluxo e balanceamento de canais - Relatar todas as ocorrências em arquivo - Gerar relatório final da análise	QUICKFILL 3D MOLDFLOW WORD WORD	CIMJECT (MICRO 2)	Semana 2
5	CAE CAD	- Reunião de "entrega" do relatório final de análise no MoldFlow	NETMEETING	INTERNET	Semana 3, dia 1
6	CAD	- Fazer ajustes, se necessário	MICROSTATION	CIMJECT (MICRO 1)	Semana 3, dia 1
7	CAE CAD	- Reunião de conclusão do projeto	NETMEETING	INTERNET	Semana 4, dia 5

QUADRO 7 - Cronograma de execução do estudo de casos.

Na coluna "FASE" são enumeradas as sete etapas que compreendem cada estudo. A coluna "QUEM" determina qual a equipe de trabalho responsável por cada tarefa descrita na coluna "O QUE". Já a coluna "COMO" determina quais os softwares necessários para a execução de cada tarefa. A coluna "ONDE", por sua vez, estabelece qual o hardware utilizado para a realização das atividades e, por último, a coluna "QUANDO" estabelece o prazo, em semanas, para a execução de cada fase.

5.5.1. O primeiro caso

Como citado anteriormente, neste estudo simulou-se a conexão entre duas empresas distintas que realizam o projeto de um molde para injeção de plástico utilizando sessões de videoconferência via Internet através do servidor de diretório

da Universidade de Viçosa em Minas Gerais (ils.ufv.br). Seguindo-se o procedimento proposto, as fases desenvolvidas são as seguintes:

FASE 1 - Modelamento da geometria da peça-protótipo

O modelamento do produto foi feito pelo responsável pelo CAD, no **MicroStation Modeler™**, num tempo de aproximadamente 1 hora e 45 minutos. Trata-se de uma embalagem retangular, conforme mostra a FIGURA 17.

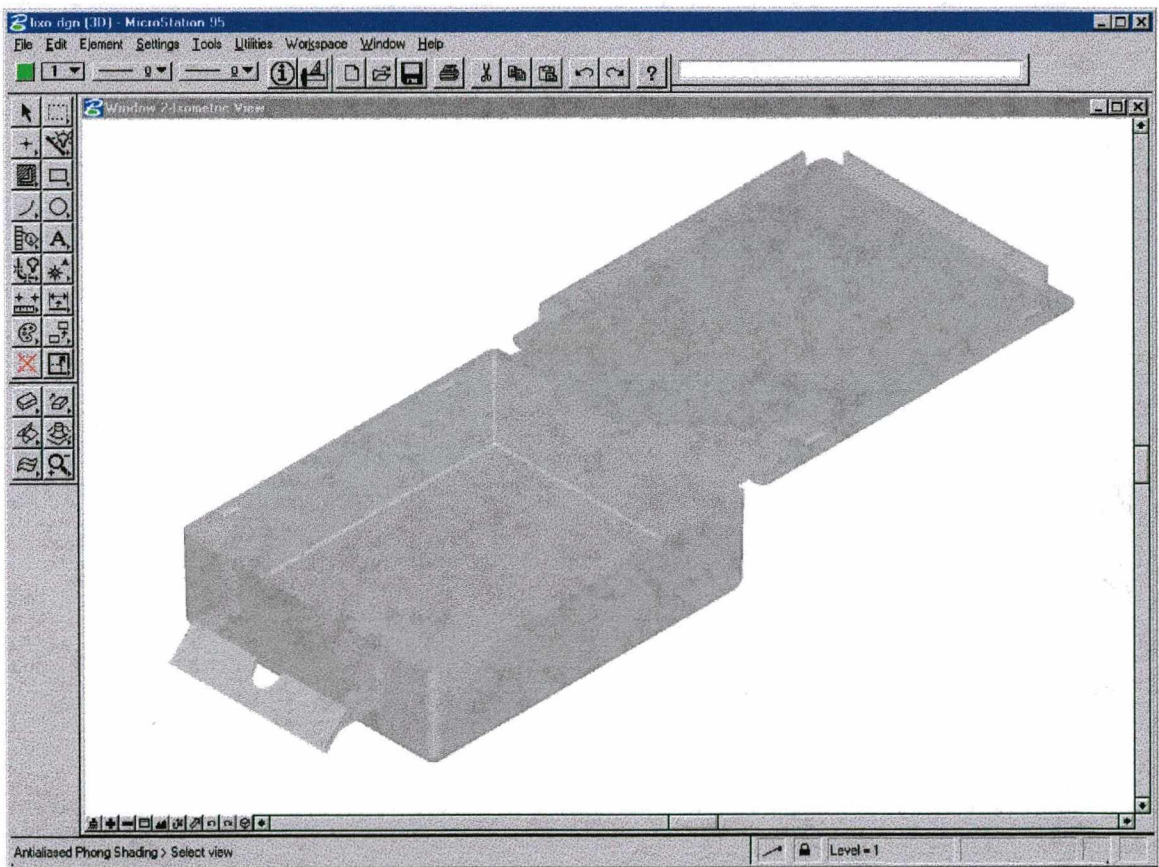


FIGURA 17 - Modelo em sólido da peça selecionada para o primeiro estudo de casos.

FASE 2 - Discussão preliminar entre CAD e CAE.

Nesta etapa ocorreu o primeiro contato entre CAD e CAE,

dando início a equipe virtual de execução do projeto. Nesta primeira sessão de videoconferência foram testados todos os recursos do **Netmeeting™**, principalmente o compartilhamento de aplicativos. O responsável pelo CAD compartilhou o **MicroStation Modeler™**, mostrando a peça e comentando os seus principais detalhes e particularidades (FIGURA 18). O responsável pelo CAE, por sua vez, aceitou o projeto e solicitou uma malha em STL, para começar as análises nos softwares de CAE. Nesta sessão foram marcados os horários para a execução das reuniões diárias.

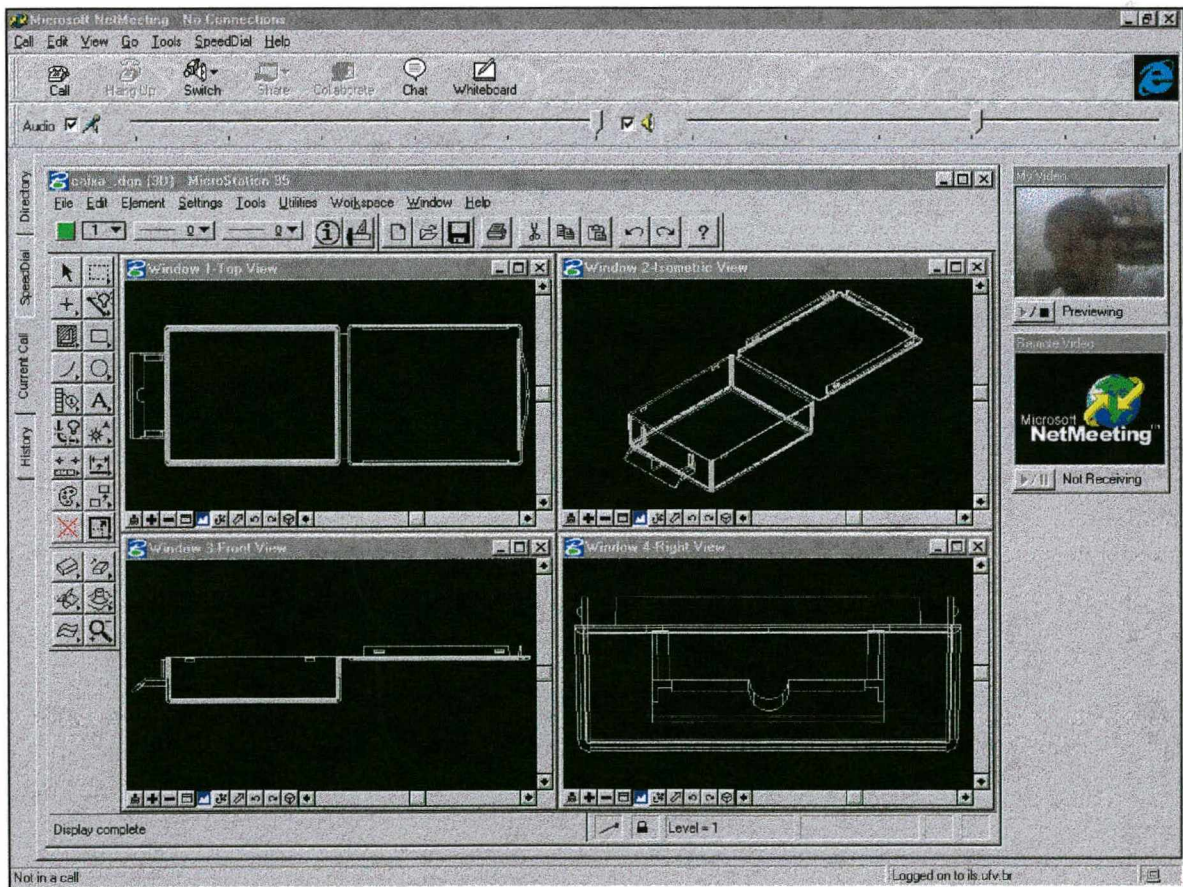


FIGURA 18 - Compartilhamento do Microstation Modeler no NetMeeting.

FASE 3 - Modelamento e transferência da linha média

Como o **MoldFlow™** instalado no GRUCON/CIMJECT não tem o

módulo de geração da superfície média, foi solicitada via videoconferência a sua geração no CAD e posterior tradução para o formato STL. Durante a geração do arquivo STL, ocorreu um erro de *overflow*⁴, que não pôde ser solucionado. O resultado deste erro foi a impossibilidade de geração de calotas esféricas e, conseqüentemente, a sua representação no arquivo STL. Em uma nova sessão de videoconferência o responsável pelo CAE resolveu receber o arquivo STL como estava e modelar as superfícies faltantes no próprio **MoldFlow™** (FIGURA 19).

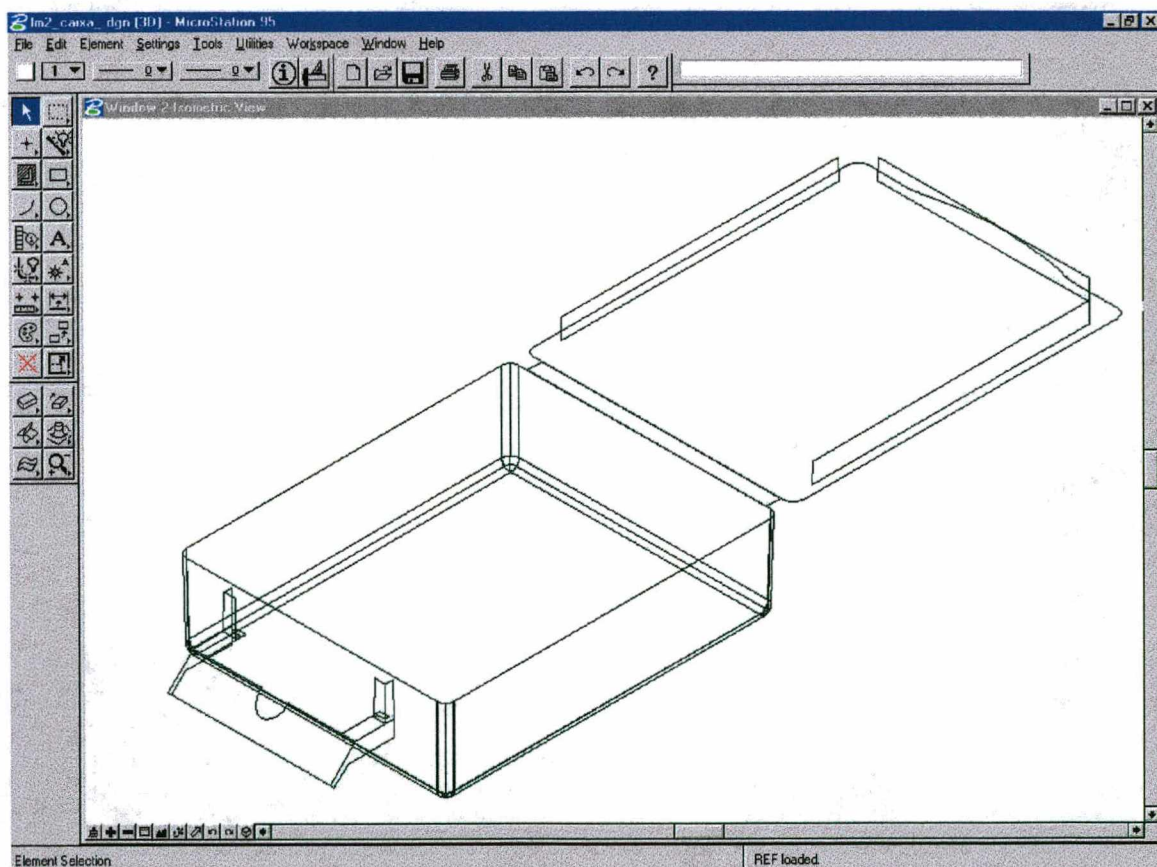


FIGURA 19 – Modelo da peça representado pela superfície média (MicroStation Modeler).

⁴ *Overflow* é caracterizado quando é solicitada a geração de uma malha com um número de elementos maior que o sistema pode suportar.

Após criada a malha, transferiu-se o arquivo STL de 1,5MB utilizando-se o recurso de transferência de arquivos do **NetMeeting™**. O tempo de transferência foi baixo (aproximadamente 30s). Nessa mesma conferência o responsável pelo CAD compartilhou o **MicroStation Modeler™** para informar a equipe CAE a espessura de cada região da peça.

FASE 4 - Análise de fluxo e balanceamento dos canais

A seqüência do trabalho desenvolvido pelo responsável pelo CAE foi a seguinte:

a) Escolha do material:

Optou-se pelo Polipropileno por ser uma resina fácil de injetar, resistente à flexão e com grande oferta no mercado, o que preencheu todas as necessidades do cliente.

b) A simulação no **C-Mold QuickFill 3D™** demonstrou que o material preencherá a cavidade sem necessidade de mudança no material ou na espessura da peça.

c) Escolha do tipo de ponto de injeção:

O canal submarino é o mais viável porque separa a peça automaticamente dos canais de distribuição elevando a produtividade (MENGES, 93). Em contrapartida apresenta como desvantagens marca na peça e pequeno diâmetro de entrada, o que neste caso não foi significativo. O diâmetro mínimo de 0,5mm foi testado no **C-Mold QuickFill 3D™** e os resultados ainda indicaram um bom preenchimento. A marca na peça foi minimizada com um pequeno abaulamento no ponto

de injeção, sem prejudicar a funcionalidade e a estética.

d) Modelamento no **MoldFlow™**:

Foi constatado que a malha STL apresentava várias superfícies com triângulos muito irregulares, sendo necessário remodelar uma boa parte da peça utilizando os pontos gerados. Após o remodelamento, a peça foi duplicada (molde com duas cavidades) e foram modelados os canais de injeção e distribuição.

e) Análises:

Foram feitas oito análises visando determinar a existência de algum problema no preenchimento da cavidade, otimizar os canais de distribuição e determinar as condições de processamento. O QUADRO 8 mostra a especificação do material e as condições de processamento que asseguram a injeção da peça com qualidade.

MATERIAL	
DESCRIÇÃO	EA501 PP TENITE 5020
FABRICANTE	EASTMAN CHEMICALS
CONDUTIVIDADE	0,172 W/m/°C
CALOR ESPECÍFICO	2813,000 J/Kg/°C
TEMPERATURA DE EXTRAÇÃO	130°C
TEMPERATURA DE NO FLOW	170°C
PARÂMETROS DE INJEÇÃO (DADOS DE ENTRADA)	
TEMPERATURA DO MOLDE	40°C
TEMPERATURA DA MASSA PLÁSTICA	230°C
TEMPO DE INJEÇÃO	2s
VOLUME TOTAL	44,24 Cm³
VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DA ANÁLISE	
PRESSÃO DE ENCHIMENTO MÁXIMA	85,2510 MPa
PRESSÃO MÁXIMA DURANTE O CICLO	85,2510 MPa
MÁXIMA FORÇA DE FECHAMENTO	94,6858 ton
ÁREA PROJETADA TOTAL	207,6111 cm²
TEMPO DE INJEÇÃO	2,0751s
TEMPERATURA DE ENCHIMENTO MÍNIMA	178,7062°C
TEMPERATURA DE ENCHIMENTO MÁXIMA	254,0306°C
TEMPERATURA MÍNIMA NA FRENTE DE FLUXO	210,7061°C
TEMPERATURA MÁXIMA NA FRENTE DE FLUXO	245,8022°C
TAXA DE CISALHAMENTO MÁXIMA (ENCHIMENTO)	47655,89 1/s
TAXA DE CISALHAMENTO MÁXIMA (CICLO)	95674,76 1/s
TENSÃO DE CISALHAMENTO MÁXIMA (ENCHIMENTO)	0,2540 1/s

QUADRO 8 - Resultado da análise CAE para o primeiro estudo de casos.

FASE 5 - Entrega do relatório final de análise

Concluídas as análises reológicas, realizou-se uma sessão de videoconferência onde o responsável pelo CAE expôs os resultados. Objetivando uma melhor compreensão por parte do responsável pelo CAD utilizou-se o recurso de compartilhamento de aplicativos para mostrar no **MoldFlow™** as análises. Foram mostradas as análises de caminho de fluxo, tempo de preenchimento, força de fechamento, temperatura e pressão na cavidade, bem como as regiões suscetíveis ao aparecimento de linhas de solda e de junção e bolhas de ar.

O responsável pelo CAE enviou um relatório de 22 kB, num tempo de transferência da ordem de 5 segundos, contendo as informações necessárias para especificação da máquina injetora e dos parâmetros de injeção. A duração desta videoconferência foi de 25 minutos. A FIGURA 20 mostra a análise de tempo de preenchimento da cavidade e a FIGURA 21 mostra a análise de temperatura da peça no final da injeção.

FASE 6 - Ajustes

Como não foram necessários ajustes na geometria da peça após a análise CAE, esta fase não foi executada.

FASE 7 - Reunião de conclusão do projeto

Esta fase foi englobada pela fase 5.

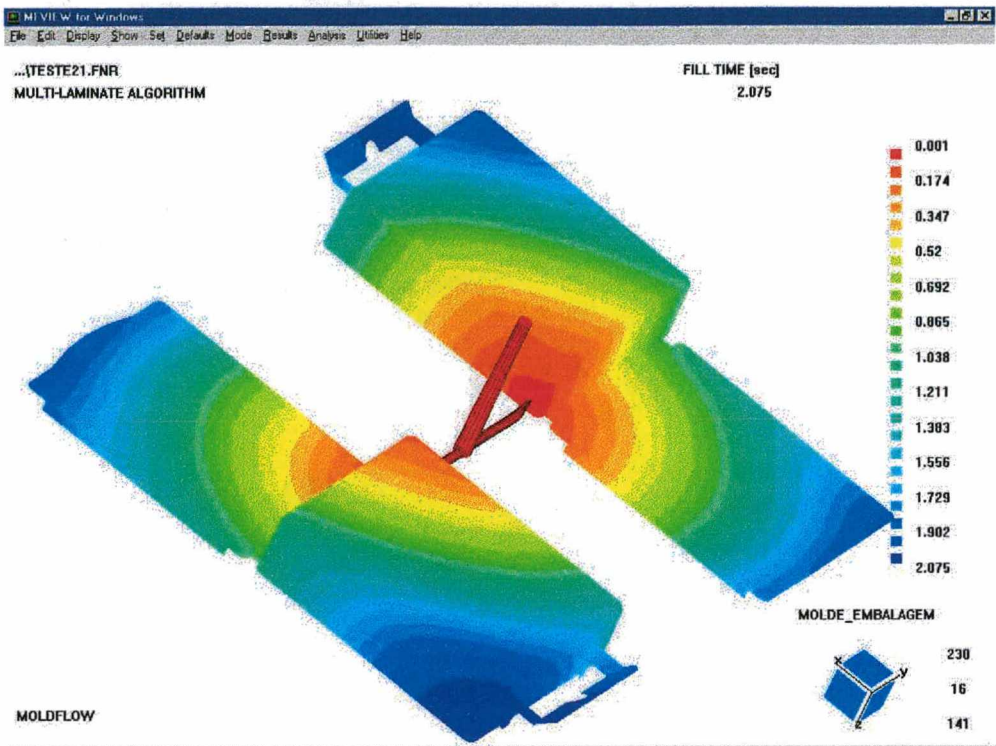


FIGURA 20 - Distribuição do tempo de preenchimento do molde.

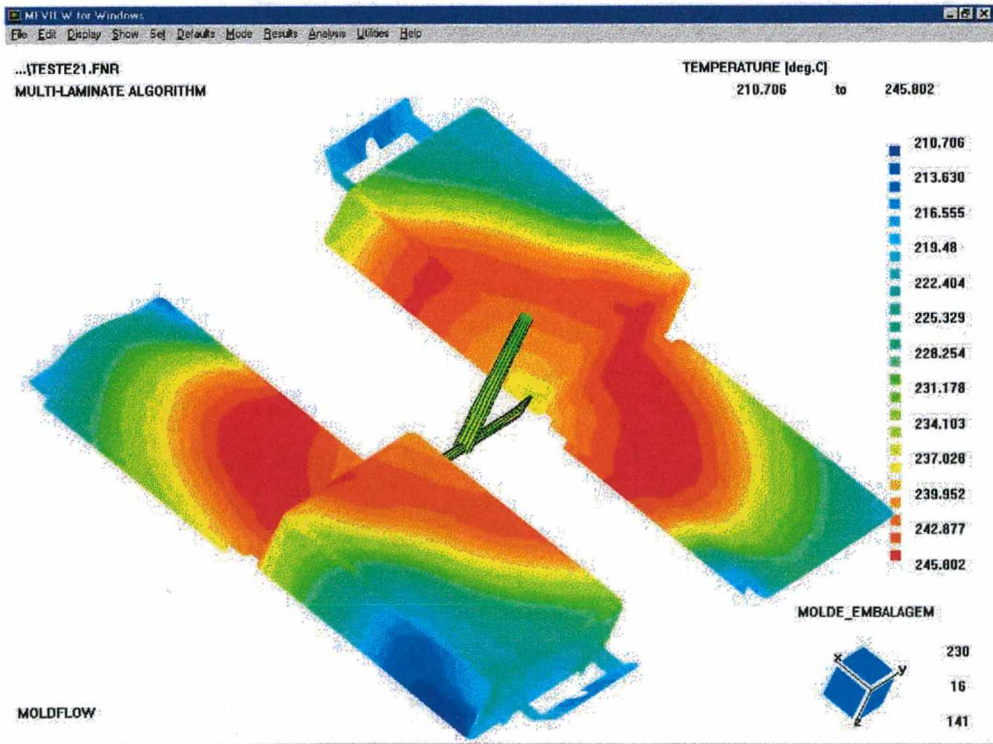


FIGURA 21 - Distribuição da temperatura da peça no final da injeção.

5.5.2. O segundo caso

Neste estudo foi simulada a conexão entre dois funcionários de uma mesma empresa via rede local (LAN), o responsável pelo CAD e o responsável pelo CAE. As fases do projeto seguiram o mesmo procedimento do estudo anterior.

FASE 1 - Modelamento da geometria da peça-protótipo

O Modelamento do produto foi feito pelo responsável pelo CAD, no **MicroStation Modeler™**, num tempo aproximado de 2 horas. Para este estudo foi seleccionada um porta-disquetes, cujo modelo em é mostrado na FIGURA 22.

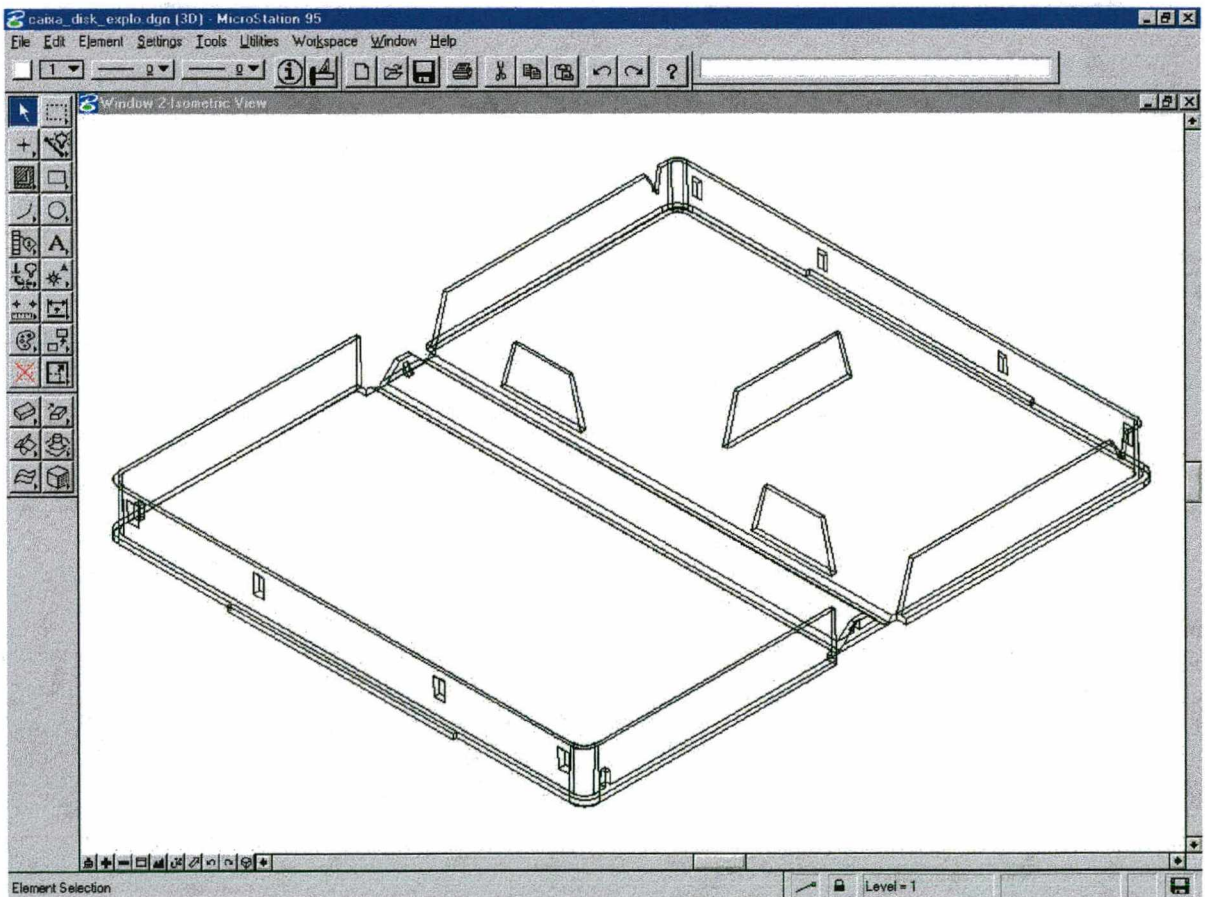


FIGURA 22 - Modelo da peça seleccionada para o segundo estudo de casos (MicroStation).

FASE 2 - Discussão preliminar entre CAD e CAE

Nesta fase, tal como no estudo anterior (primeiro caso) ocorreu a primeira sessão de videoconferência entre CAD e CAE, formando-se a equipe virtual de execução do projeto. Nesta primeira reunião foi adotada a mesma seqüência do estudo anterior.

FASE 3 - Modelamento e transferência da linha média

Da mesma forma que no primeiro estudo de casos, foi solicitada, via videoconferência, o modelamento da superfície média da peça no CAD e posterior tradução para o formato STL. Por várias vezes tentou-se transferir a malha em formato STL para o CAE sem sucesso. O problema surgiu devido ao fato da malha enviada possuir mais de 10.000 elementos (máximo que o MoldFlow pode suportar), sendo que, com a redução do refinamento, conseguiu-se fazer a interface entre os softwares de CAD e CAE funcionar. O responsável pelo CAD criou três malhas com refinamentos diferenciados e as transferiu em formato STL utilizando o recurso de transferência de arquivos do **NetMeeting™** num tempo de transferência de aproximadamente 15s. Nessa mesma conferência o responsável pelo CAD compartilhou o **MicroStation Modeler™** para informar ao responsável pelo CAE a espessura de cada região da peça.

FASE 4 - Análise de fluxo e balanceamento dos canais

A seqüência do trabalho desenvolvido pelo responsável pelo CAE e a resina escolhida foram as mesma do estudo anterior. Portanto, a peça deverá ser injetada com Polipropileno. A única

diferença entre esta fase e a sua equivalente no estudo anterior, foi que aqui não foi utilizado o **C-Mold QuickFill 3D™**.

Como no estudo anterior, foram feitas oito análises visando determinar a existência de algum problema no preenchimento da cavidade, otimizar os canais de distribuição e determinar as condições de processamento. O QUADRO 9 mostra a especificação do material e as condições de processamento aceitas como as que asseguram a injeção da peça com qualidade.

MATERIAL	
DESCRIÇÃO	EA501 PP TENITE 5020
FABRICANTE	EASTMAN CHEMICALS
CONDUTIVIDADE	0,172 W/m/°C
CALOR ESPECÍFICO	2813,000 J/Kg/°C
TEMPERATURA DE EXTRAÇÃO	130°C
TEMPERATURA DE NO FLOW	170°C
PARÂMETROS DE INJEÇÃO (DADOS DE ENTRADA)	
TEMPERATURA DO MOLDE	50°C
TEMPERATURA DA MASSA PLÁSTICA	240°C
TEMPO DE INJEÇÃO	2s
VOLUME TOTAL	112.55 cm ³
VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DA ANÁLISE	
PRESSÃO DE ENCHIMENTO MÁXIMA	35.7444 Mpa
PRESSÃO MÁXIMA DURANTE O CICLO	35.7444 Mpa
MÁXIMA FORÇA DE FECHAMENTO	122.0531 ton
ÁREA PROJETADA TOTAL	441.8392 cm ²
TEMPO DE INJEÇÃO	2.1130 s
TEMPERATURA DE ENCHIMENTO MÍNIMA	205.3081 °C
TEMPERATURA DE ENCHIMENTO MÁXIMA	251.1185 °C
TEMPERATURA MÍNIMA NA FRENTE DE FLUXO	219.8293 °C
TEMPERATURA MÁXIMA NA FRENTE DE FLUXO	247.8142 °C
TAXA DE CISALHAMENTO MÁXIMA (ENCHIMENTO)	10499.02 1/s
TAXA DE CISALHAMENTO MÁXIMA (CICLO)	31379.02 1/s
TENSÃO DE CISALHAMENTO MÁXIMA (ENCHIMENTO)	0.0332 Mpa

QUADRO 9 - Resultado da análise CAE, para o segundo estudo de casos.

FASE 5 - Entrega do relatório final de análise

Concluídas as análises reológicas, realizou-se uma sessão de videoconferência onde o responsável pelo CAE expôs os resultados. Após as primeiras análises foi sugerido arredondar os cantos e

aumentar a espessura da parte central da peça para evitar a formação de uma linha de solda na regiões da "dobradiça" como pode ser visto na FIGURA 23.



FIGURA 23 - Linhas de solda da peça original (em azul).

Objetivando uma melhor compreensão por parte do responsável pelo CAD utilizou-se o recurso de compartilhamento de aplicativos para mostrar no **MoldFlowTM** as análises. Foram mostradas as análises de tempo de preenchimento (FIGURA 24), linhas de solda e de junção e bolhas de ar.

A duração desta videoconferência foi de 1 hora e 35 minutos.

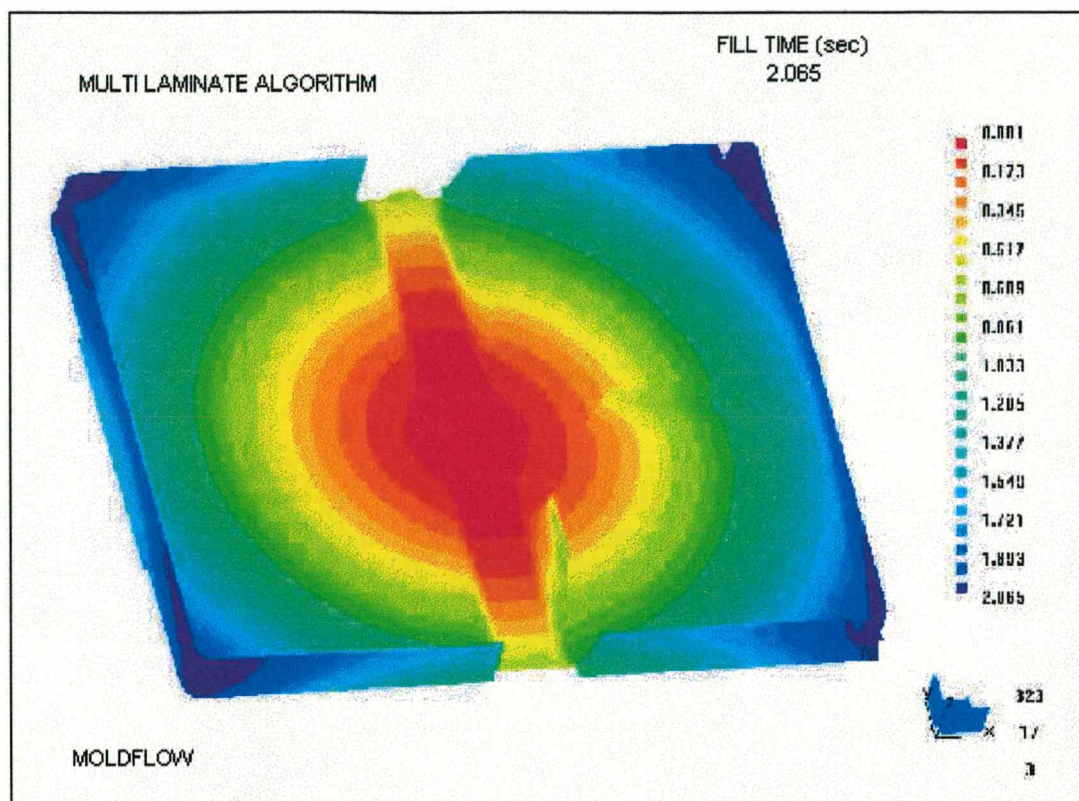


FIGURA 24 - Distribuição do tempo de preenchimento do modelo original, no segundo estudo de casos.

FASE 6 - Ajustes

O responsável pelo CAD efetuou as alterações sugeridas pelo responsável pelo CAE e enviou o arquivo STL com as mesmas para o responsável pelo CAE.

FASE 7 - Reunião de conclusão do projeto

O responsável pelo CAE recebeu o arquivo STL com as alterações na geometria da peça e procedeu as análises verificando que o preenchimento da cavidade foi otimizado satisfatoriamente (FIGURA 25). Todos os resultados foram mostrados e discutidos utilizando-se o recurso de compartilhamento de aplicativos do software de

videoconferência.

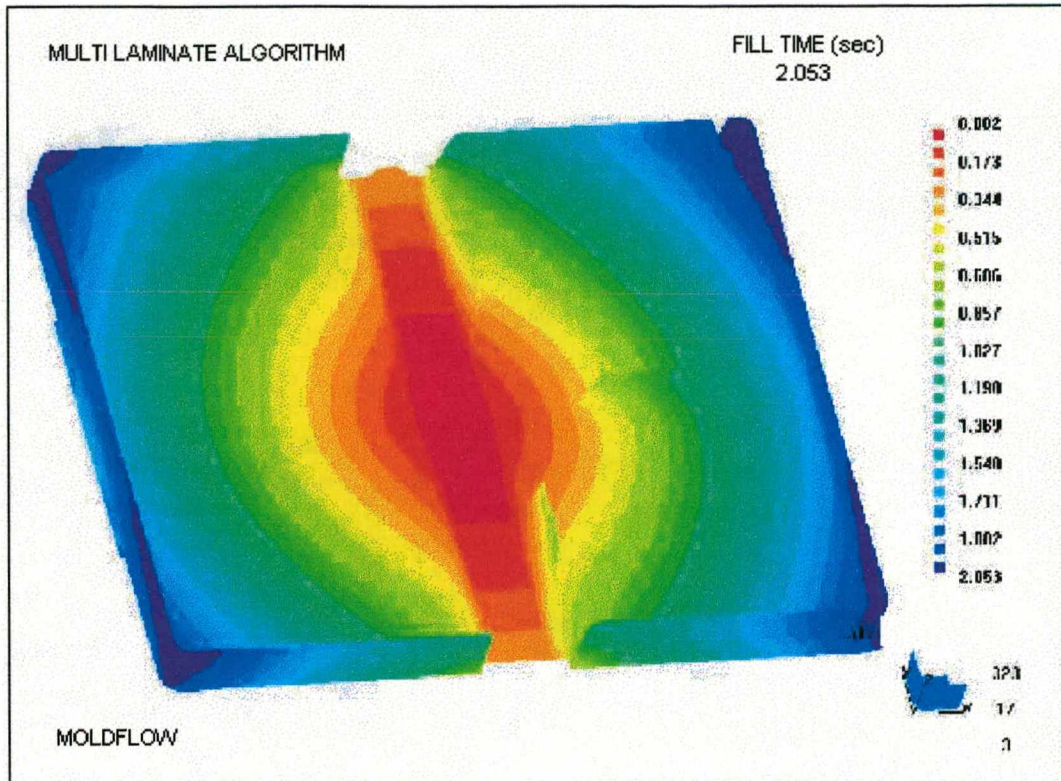


FIGURA 25 - Distribuição do tempo de preenchimento do modelo alterado, no segundo estudo de casos.

5.6. Tentativa de conexão com a empresa portuguesa MoldeMatos

Neste estudo foi feita uma tentativa de conectar a empresa portuguesa MoldeMatos Lda. ao GRUCON/CIMJECT, utilizando-se a videoconferência via Internet. Conforme citado anteriormente, a conexão da empresa à Internet foi feita por modem de 28,8 kbps e a do GRUCON/CIMJECT pela linha dedicada com a RNP, sendo que o servidor de diretório utilizado foi o da Universidade de Viçosa em Minas Gerais (ils.ufv.br). Contudo, não conseguiu-se efetuar a conexão devido, principalmente, à pouca banda passante disponível, como descrito no capítulo seguinte.

Capítulo 6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASOS

6.1. Considerações iniciais

Baseando-se no estudo de casos realizado no capítulo anterior, neste capítulo é descrita uma avaliação qualitativa tanto do desempenho da ferramenta de videoconferência no auxílio ao projeto de peças plásticas, quanto do procedimento utilizado para a sua execução. Para a avaliação do desempenho da ferramenta foram considerados tanto aspectos técnicos quanto não-técnicos enquanto que, relativamente ao procedimento proposto são apresentadas sugestões visando sua melhor sistematização, e consequentemente, tornar o processo de utilização mais eficiente.

6.2. Avaliação da ferramenta de videoconferência

Os resultados decorrentes do estudo de casos realizado no capítulo anterior foram avaliados qualitativamente segundo os seguintes critérios principais:

- Mídias empregadas (áudio, compartilhamento de aplicativos, vídeo, bate-papo, transferência de arquivos e quadro-branco);
- Hardware e conexões;
- Aspectos não-técnicos.

6.2.1. Avaliação segundo as mídias empregadas

- Áudio:

A importância de um áudio de boa qualidade, ou seja, que possibilite uma efetiva comunicação entre as partes envolvidas, não pode ser esquecida. Uma comunicação efetiva pode não ocorrer sem um áudio inteligível, podendo-se considerar esta a mídia mais importante. O áudio muitas vezes demonstrou-se problemático devido a má regulagem do microfone e das caixas acústicas causando o fenômeno de microfonia. Outro problema que resultou em um áudio inexistente ou de má qualidade (cortado) foi quando, em algumas sessões a taxa de transmissão era insuficiente para que se estabelecesse uma comunicação que resultasse num áudio inteligível. Particularmente, na tentativa de conexão com a empresa portuguesa MoldeMatos, não conseguiu-se obter áudio

algum devido ao fato da conexão que a empresa possui com a Internet (modem de 28.800 kbps) fornecer uma taxa de transmissão insuficiente para que um canal de comunicação por essa mídia pudesse se estabelecer entre pontos tão distantes.

- Compartilhamento de aplicativos:

Pode-se considerar o compartilhamento de aplicativos tão importante quanto o áudio. Muitas vezes as pessoas são forçadas a explicar por telefone características tais como a curvatura de uma peça ou a dimensão de uma determinada região. Só os que já experimentaram tal situação sabem o quão difícil é fazê-lo. O recurso de compartilhamento de aplicativos cobre sem lacunas essa deficiência das comunicações por telefone. Do ponto de vista da velocidade de transmissão, esse aplicativo teve um desempenho satisfatório no **primeiro** e no **segundo estudo** de casos, permitindo às equipes sanar dúvidas mostrando detalhes específicos das peças estudadas. Porém, na **tentativa de conexão** com a empresa portuguesa MoldeMatos a baixa taxa de transmissão não permitiu a sua utilização.

- Vídeo:

Intuitivamente, o vídeo parece agregar valor a uma conferência melhorando a comunicação pela criação de um "senso de presença" e permitindo que a mesma seja feita também através de gestos. Objetos podem ser mostrados aos outros participantes segurando-os em frente a câmera. Vídeos de fontes auxiliares (como um videocassete) podem ser incluídos em uma sessão de

videoconferência. Embora todas essas deduções sejam verdadeiras, na prática dos estudos realizados o vídeo não demonstrou ser uma mídia tão importante quanto o áudio e o compartilhamento de aplicativos.

Na maioria das vezes o vídeo transmitido era de má qualidade, apresentando problemas tais como falta de nitidez, exposição de poucos quadros por segundo e chuviscos, sendo que, em alguns casos estes problemas foram resolvidos simplesmente ajustando-se as configurações do software de videoconferência e, em outros, não foi possível melhorar a qualidade por problemas decorrentes da baixa banda passante disponível.

- Bate-papo:

O bate-papo demonstrou-se um recurso bastante valioso, sobretudo quando as mídias que requerem maior banda passante do que ele (vídeo, áudio, compartilhamento de aplicativos, quadro-branco e transferência de arquivos) apresentavam problemas de conexão, não podendo ser utilizadas.

- Transferência de arquivos:

O recurso de transferência de arquivos não apresentou qualquer problema durante o seu uso, demonstrando ser um recurso imprescindível, sobretudo quando se realiza o interfaceamento entre sistemas CAx .

- Quadro-branco:

Durante o estudo de casos, não foi necessária a utilização do quadro-branco, deduzindo-se que esta não é uma

mídia importante, pelo menos para estes casos estudados.

6.2.2. Avaliação segundo o hardware e conexões

Analisando-se o desempenho dos microcomputadores utilizados, verificou-se que o que possui microprocessador do tipo MMX (micro 1) apresentou um desempenho melhor que o outro. Esse melhor desempenho traduz-se em um menor número de problemas na utilização dos aplicativos, e maior capacidade de processar dados de áudio e vídeo. Quanto às placas de vídeo, como haveria de se esperar, observou-se que, acompanhada pela melhor capacidade do processador, a utilização da placa do tipo Diamond Stealth 3000 3D apresentou uma maior velocidade de apresentação e qualidade gráfica que a Diamond Stealth 2000 3D.

Quanto a conexão, conclui-se que o sistema não apresentou resultados satisfatórios quando tentou-se fazê-la por modem de 28.800 kbps (tentativa de conexão com a empresa portuguesa MoldeMatos), não recomendando-se, portanto a utilização da ferramenta de videoconferência utilizando-se este tipo de conexão. Todavia, com o crescente incremento nas velocidades de transmissão dos modems, espera-se que dentro em breve esse problema esteja sanado. Já a utilização de conexão dedicada (**primeiro caso**) e de rede local (**segundo caso**), demonstrou-se satisfatória, permitindo a realização dos estudos sem maiores problemas.

Um fator que deve ser levado em consideração é que as

conexões pela Internet apresentam variações na taxa de transmissão dependendo do número de pessoas que estão conectadas na rede ao mesmo tempo. Assim, existem horários em que a conexão funcionará melhor. Como as comunicações entre empresas se dariam no horário comercial, que coincidentemente é o horário de maior taxa de ocupação da Internet, conclui-se que a comunicação poderia ser prejudicada nesses horários. Portanto, recomenda-se que, sempre que for possível, seja dada a preferência para se realizar as conexões fora dos horários de pico da Internet.

6.2.3. Avaliação segundo aspectos não-técnicos

Quando avalia-se um sistema de videoconferência existem também importantes aspectos não-técnicos a considerar. Especificamente, esses sistemas devem levar em conta a maneira como as pessoas trabalham. Embora criada para simular um encontro face-a-face a videoconferência torna-se um modo de comunicação diferente, requerendo das pessoas habilidades em escrita, leitura, conversação e colaboração.

No início do trabalho as principais dificuldades técnicas surgiram devido a pouca experiência no uso do software de videoconferência. Deve-se levar em consideração que as pessoas têm uma curva de aprendizado envolvida com o uso de novas tecnologias. Algumas pessoas não têm muita familiaridade com computadores e podem ficar um pouco receosas no uso desta

ferramenta, devendo-se dar uma importância especial ao treinamento dos usuários neste sistema.

6.3. Avaliação do procedimento proposto no capítulo anterior para a realização do estudo de casos

O procedimento criado para a execução do estudo de casos demonstrou-se, ao longo deste, muito efetivo na sua organização facilitando sobremaneira o desenvolvimento do trabalho e, conseqüentemente, racionalizando o tempo despendido para a sua realização. Entretanto, no desenvolvimento do estudo de casos ficou evidenciado que, para a utilização eficiente da tecnologia de videoconferência, como ferramenta no auxílio ao projeto de moldes para peças de plástico injetadas, é preciso estabelecer uma sistemática que resulte num melhor aproveitamento do tempo despendido para tal e que passe, necessariamente, por etapas mais apuradas e que evidenciem melhor as necessidades relativas à sua utilização.

Portanto, com base nos resultados da utilização do procedimento para a execução do estudo de casos foi possível desenvolver um pouco mais este procedimento, dando origem a uma sistemática mais apurada. Convém salientar que esta não é uma proposta rígida, podendo ser adaptada às peculiaridades de cada software e cada caso em particular.

6.3.1. Sistemática proposta

Tomando como exemplo , a realização das atividades de modelamento em CAD e análises reológicas em CAE, visando estabelecer o projeto de um molde de injeção, a sistemática proposta consta das seguintes etapas descritas a seguir:

Etapas 1) Realizar um primeiro contato entre as empresas envolvidas:

Recomenda-se que o primeiro contato entre as empresas envolvidas no desenvolvimento de um molde, usando a videoconferência como ferramenta de auxílio, seja feito por intermédio de uma reunião realizada da maneira tradicional, já que nesta primeira reunião são necessárias negociações e acordos contratuais que necessitam da presença física das partes interessadas.

Com base no exposto, recomenda-se que o uso da ferramenta de videoconferência seja exclusivamente para tratar da parte técnica do projeto.

Etapas 2) Desenvolver preparativos para a primeira sessão de videoconferência:

Antes de lançar mão de uma sessão de videoconferência, entre as partes envolvidas, é necessário que cada uma delas tenha o devido treinamento no software. Geralmente, o uso destes

programas é bastante simples sendo que, normalmente, os recursos de ajuda *on line* dos mesmos fornecem as informações necessárias para a sua operação.

Após o estudo dos recursos de ajuda *on line*, deve-se proceder os testes das configurações do microfone e da câmera de vídeo, o que pode ser feito com recursos do próprio software.

Etapa 3) Modelar a peça no CAD:

O modelamento da peça no CAD visando a análise reológica e/ou térmica em um software CAE deve ser feito levando-se em consideração as particularidades do software de CAE. Citando como exemplo o MoldFlow™, o software comporta uma malha com um número máximo de até 10.000 elementos, devendo-se portanto, tomar cuidado em não gerar no CAD uma malha excessivamente refinada. Durante a primeira sessão de videoconferência deve ser indagado, à parte responsável pelo CAE, o refinamento necessário para a malha de elementos finitos. Deve-se disponibilizar para a primeira sessão de videoconferência o modelo da peça gerado no CAD (preferencialmente em sólido, porque fica mais fácil a compreensão) para serem mostradas à equipe CAE o maior número possível de peculiaridades relativas à peça.

Etapa 4) Realizar a primeira sessão de videoconferência:

Antes de proceder a parte técnica da sessão de videoconferência deve-se testar as configurações dos aplicativos do software de videoconferência.

O primeiro aplicativo a ser testado é o bate-papo. Os participantes da seção devem saudar-se inicialmente por este aplicativo. Se o bate-papo funcionou, passa-se para o próximo estágio, o áudio; se não funcionou então a conferência não será possível, já que esta é a mídia que demanda a menor banda passante.

O ajuste do áudio é feito aproximando-se o microfone da boca e ajustando tanto o volume das caixas acústicas quanto o do microfone para evitar o fenômeno de microfonia. Se o som não estiver sendo enviado e/ou recebido, deve-se verificar se as caixas acústicas e o microfone estão corretamente conectados ao computador, se estão ligados ou se o volume está num nível audível. Se o áudio não estiver sendo ouvido ou estiver sendo ouvido com cortes significa que a banda passante não é suficiente para este tipo de mídia, devendo-se, portanto, proceder a comunicação por bate-papo.

Quanto à transmissão de vídeo cada parte envolvida na sessão de videoconferência deve comunicar a qualidade da imagem recebida. Se a qualidade da imagem enviada for ruim, pode-se regular via software o envio de imagem com melhor qualidade.

Convém salientar que este procedimento consome uma maior banda passante e torna o vídeo e os outros aplicativos mais lentos devendo-se portanto avaliar a sua necessidade.

Procedidos os testes do bate-papo, áudio e vídeo deve-se iniciar a reunião propriamente dita. A equipe CAD disponibiliza o projeto da peça via compartilhamento de aplicativos e a equipe CAE faz os comentários necessários.

A equipe CAE deve informar nessa sessão qual o refinamento necessário para a malha de elementos finitos, se é necessária a geração de superfície média no CAD , e o formato de arquivo que deve ser gerado para a transferência por parte do CAD.

Quando houver consenso no projeto da peça, a equipe CAD deve transferir o arquivo no formato solicitado para a equipe CAE poder realizar a análise reológica e/ou térmica.

Etapa 5) Procedimento para realizar as reuniões de desenvolvimento do projeto:

Durante a análise CAE podem ser necessárias novas informações relativas à peça. Para isso deve-se lançar mão de reuniões que sirvam não só para obter estas informações como para acompanhar o andamento do projeto. Antes da reunião deve-se organizar os questionamentos e possível material informativo, para depois abrir os aplicativos de CAD e de CAE, visando

possíveis discussões, utilizando-se o recurso de compartilhamento.

Por último, não devem-se prolongar muito as reuniões, devendo-se tratar com objetividade os assuntos técnicos relativos ao projeto da peça. Visando um melhor aproveitamento do tempo despendido e uma melhor produtividade do projeto em geral, é recomendável que a frequência destas reuniões seja diária e o tempo máximo para cada sessão seja de uma hora.

Etapa 6) Realizar a análise reológica e térmica (CAE):

A análise reológica e/ou térmica deve ser desenvolvida seguindo-se uma metodologia previamente estabelecida, como por exemplo, a proposta por Dihlmann e descrita na seção 5.4 do capítulo anterior.

Etapa 7) Realizar a reunião de conclusão do projeto:

Na reunião de conclusão do projeto devem ser revisados os aspectos principais da peça e o relatório da análise criado pelo CAE. Para isto, devem estar disponíveis para compartilhamento os softwares de CAD e CAE e o editor de texto onde foi gerado o relatório escrito. A revisão do projeto deve ser feita de modo a não restar nenhuma dúvida sobre o mesmo até aquele momento.

Capítulo 7 – CONCLUSÃO

7.1. Considerações finais

As grandes empresas do setor de plásticos vêm dedicando-se cada vez mais às atividades produtivas diretas, atribuindo às pequenas, atividades secundárias, mas nem por isso menos importantes, tais como o modelamento dos produtos e o projeto e a construção do ferramental. No que tange a troca de informações entre empresas, geograficamente distantes, o problema se agrava ainda mais, já que, num ambiente de engenharia simultânea, torna-se necessário um sistema de comunicação bem desenvolvido para que o *lead-time* dos produtos seja cada vez menor. Atualmente a troca de informações e dados entre empresas se dá através de meios convencionais tais como correio, telefone, fax, E-mail e viagens, o que muitas vezes atrasa o ciclo

produtivo encarecendo o custo dos produtos.

Uma maneira de incrementar a comunicação entre os grupos de trabalho das empresas envolvidas num processo de engenharia simultânea é a utilização de recursos de videoconferência, como testado e avaliado neste trabalho. Existem no mercado sistemas de videoconferência que atendem as mais variadas necessidades, compreendendo desde caríssimas salas dedicadas até sistemas ditos "de mesa" cujo preço é muito menor. Como as ferramentarias do setor de moldes para injeção de plásticos são, na sua maioria, pequenas e médias empresas, o uso de sistemas mais baratos que utilizam como plataforma PC's com configurações usuais, deve ser uma alternativa cada vez mais empregada.

O mercado de softwares para comunicação via Internet apresenta várias opções semelhantes para comunicação através de redes computacionais. Os recursos comumente apresentados por tais softwares são a *audioconferência* (através dos recursos convencionais de multimídia), a *videoconferência*, que utiliza pequenas câmeras de vídeo, de simples operação, baixo custo e específicas para computadores e uma *caixa de diálogo*, onde a comunicação pode ser feita via teclado, como opção ao microfone. Alguns softwares do gênero possibilitam a apresentação e edição simultânea de gráficos, figuras e desenhos entre as diversas pontas de uma conferência através do chamado *quadro de comunicações* ou *quadro branco* (whiteboard). Juntamente com a possibilidade de comunicação audiovisual diretamente do posto de

trabalho (no caso, PC's), outros dois recursos apresentados por alguns softwares tornam a videoconferência de mesa especialmente interessante para a área de plásticos. Um é o *envio de arquivos* (texto, gráficos, executáveis, etc.) pela rede e o outro é o *compartilhamento de aplicativos*, com o qual os participantes de uma conferência podem observar, ou até mesmo operar a distância, softwares instalados em apenas uma de suas pontas. Dentre todos os recursos disponíveis no software de videoconferência utilizado no estudo de casos (Microsoft NetMeeting™) os que demonstraram-se mais úteis foram: o compartilhamento de aplicativos, o bate-papo, o áudio e a transferência de arquivos. O vídeo, ao contrário do que se esperava, teve uma importância secundária no estudo.

A ferramenta de videoconferência, portanto, permite não só o acompanhamento de um trabalho terceirizado, como também o desenvolvimento conjunto de um projeto entre pessoas/empresas de cidades ou países diferentes.

Este trabalho iniciou no GRUCON/CIMJECT uma nova linha de pesquisa que visa estudar a problemática da comunicação entre empresas geograficamente distantes para a execução do projeto de peças plásticas num ambiente de engenharia simultânea. O estudo da tecnologia de videoconferência neste trabalho demonstrou que essa interação é possível de ser feita utilizando-se para isto sessões de videoconferência via Internet. A tecnologia de videoconferência auxilia no cumprimento aos requisitos das

chamadas equipes virtuais, descritas no Capítulo 2, que são: imediatez, fácil acesso aos dados e acesso à pessoa certa no tempo certo. O uso da tecnologia de videoconferência vai também de encontro aos objetivos principais da filosofia de engenharia simultânea permitindo uma melhor interação entre os grupos de trabalho envolvidos, por exemplo, no projeto de peças plásticas, mesmo que geograficamente distantes entre si. A videoconferência, ainda, contribui efetivamente na redução dos custos de projetos pela eliminação de viagens e conseqüente redução do tempo de projeto.

A tecnologia envolvida numa sessão de videoconferência ainda é bastante nova e progride cada vez mais, tornando menos problemática a conexão entre os usuários. Avanços contínuos nos algoritmos de compactação de dados, nos microprocessadores dos computadores pessoais e nas redes de transmissão de dados, sobretudo na Internet, deverão possibilitar conexões cada vez mais seguras e de melhor qualidade.

O procedimento adotado para a execução do projeto de moldes para peças de plástico injetadas entre duas empresas distantes uma da outra, utilizando a tecnologia de videoconferência para fazer a comunicação entre as equipes de trabalho, demonstrou-se bastante produtivo, dando origem a uma sistemática mais apurada para a sua execução.

Do ponto de vista do interfaceamento entre o sistema CAD e o sistema CAE utilizado o resultado foi satisfatório. A

evolução do padrão STEP vai trazer um grande avanço na troca de dados de produtos entre os sistemas CAx, permitindo não só a troca da geometria do produto como também de dados relativos a custos, processos, uso, manutenção, etc., enfim, informações relativas a toda a vida do produto.

Dos dois casos estudados o que simulava a comunicação entre departamentos de uma mesma empresa e, portanto ligados à mesma rede local (**primeiro caso**) e o estudo que simulava a comunicação entre empresas através de conexões dedicadas (via LAN) com a Internet (**segundo caso**), apresentaram resultados satisfatórios. Já a tentativa de conectar a rede local do GRUCON/CIMJECT com a empresa MoldeMatos Lda. de Portugal, via modem de 28.800 kbps, não apresentou resultados satisfatórios, concluindo-se que este tipo de conexão ainda apresenta problemas sobretudo de velocidade de transmissão (banda passante). Contudo, espera-se que com a contínua evolução da tecnologia de videoconferência, dentro em breve esses problemas estejam resolvidos.

7.2. Sugestões para novos trabalhos

Como sugestões para novos trabalhos pode-se citar:

- Incrementar a relação entre o CIMJECT e empresas do setor de moldes através da realização de estudos de casos oriundos dessas empresas utilizando-se o sistema de videoconferência através da conexão por modems de

maior capacidade que os 28.800 kbps utilizados no terceiro caso descrito no CAPÍTULO 5;

- Montar uma empresa virtual fazendo-se a conexão entre os departamentos utilizando-se a ferramenta de videoconferência de mesa;
- Testar e avaliar outros softwares de videoconferência;
- Instalar um servidor de diretório do NetMeeting™ na UFSC e realizar intercâmbio com outros cursos e universidades utilizando-se a tecnologia de videoconferência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AVISTAR SYSTEMS. The virtual workgroup: collaboration in de 90s. Palo Alto, CA, USA, 1997. **Catálogo de produtos.**
2. BARRA, Rogério A.; ADÁN, Juan M. STEP é um componente estratégico para a integração de sistemas de manufatura. **Máquinas e Metais**, São Paulo: Aranda Ed., p.62-78, Jun. 1995.
3. BENTLEY, Keith. The World of Web-Enabled Engineering. **Computer Aided Engineering**, USA, Oct. 1996.
4. BRAND, William J.. Managing Videoconferencing is Building Ubiquity, Cutting Costs and Communicating Easily: Not Just Talking Heads. In: CAUSE92, Dallas, Texas, USA, 1992.
5. Concurrent Engineering Resources on the Web. In:
http://www.cc.gatech.edu/computing/SW_Eng/people/Phd/ce.html
6. CORRÊA, Wagner.. Apostila de Introdução à Informática da ETFPel/UNED Sapucaia do Sul. 1997
7. CZECK, Rita. Desktop Videoconferencing – The Benefits and Disadvantages to Communication. In:
<http://ils.unc.edu/~czeck/papers/cscwpaper.html>. 1995.
8. DEITZ, Dan. An infrastructure for integration. **Mechanical Engineering**, USA, Mar. 1995.
9. DERFLER, Frank J.; FREED, E Les. **Como Funcionam as Redes** (trad.). São Paulo: Editora Quark, 1993, 217 p.
10. Desktop Conferencing. In: <http://business.kent.edu/~mfairtay/vctoc.html>
11. DIEHL, Alan. Transferring files from CAD to CAM. **Computer Aided Engineering**, USA, Jan. 1996.

12. DIHLMANN, Christian. **Simulação e análise do preenchimento de cavidades em moldes para injeção de termoplásticos utilizando método manual e tecnologia CAE/CAD.** Florianópolis, 1993. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) - Área de fabricação, Universidade Federal de Santa Catarina
13. DVORAK, Paul. Integration technologies. **Computer Aided Engineering**, USA, Jul. 1996.
14. FERREIRA, Aureo C. et alli. Estudo sobre o interfaceamento entre sistemas CAX utilizados na área de moldes para plásticos. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS (1995: R. de Janeiro). Anais, R. de Janeiro: ABIPOL, 1995. p.114-118.
15. FREIMUTH Jr., A. Kurt. Resolving conflicts between CAD & CAM. **Computer Aided Engineering**, USA, Dec. 1996.
16. FUETTERER, Katherine. Desktop Videoconferencing Gains Momentum as a Telecommunications Technology. In: <http://seamonkey.ed.asu.edu/e=mc2/kathy523/dtvcpap.htm>
17. GASPARI, John de. Building Higher Value Into Injection Molds. **Plastics Technology**, USA, Apr. 1993.
18. GATES, Reginald; STARZYK, David. Real world STEP helps the C-17 fly. **Integrated Design & Manufacturing**, Vol. 1, No. 1, USA, Feb. 1997.
19. GROESSLER, Andreas; Computer networks. 1995. In: <http://www.informatik.uni-mannheim.de/informatik/pi4/lectures/RN/CN-Title/form/introe.htm>
20. HOFF, Rainer. What to do if you can't Step. **Computer Aided**

Engineering, USA, Sep. 1996.

21. HOIMYR, Nils-Joar. Understand the limitations of CAD/CAM data transfer. **CADD**, USA, Jan. 1996.
22. HUDSON, Rhett D. DT-5: Enabling Technologies - Desktop VideoConferencing. 1996.
In: <http://www.visc.vt.edu/succeed/videoconf.html>
23. KNOT, Janmarie. Tools for a Collaborative World. **Computer Aided Engineering**, USA, Apr. 1996.
24. KOELSCH, James R.. Better Data Handling Makes the Best Molds. **Manufacturing Engineering**, Vol. 118, No. 6, Jun. 1997.
25. KOIKE, Tetsu. **Integração do Projeto e da Fabricação de Moldes para Injeção de Plásticos com Auxílio de Tecnologias CAD/CAD/CAM**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) - Área de Fabricação, Universidade Federal de Santa Catarina.
26. KOVACS, G.; MEZGAR, I.; SZELKE, E.; GIRNT, M.. One-of-a kind Production - A Concurrent Engineering Approach. In: New Approaches Towards 'One-of-a-kind' Production, Bremen, Nov. 12-14, 1991.
27. LEOCADIO, A. de Carvalho. Comunicação entre sistemas e equipamentos na indústria de moldes. In: III CONGRESSO DA INDÚSTRIA DE MOLDES (1988: Marinha Grande, Portugal). Anais, Marinha Grande: CEFAMOL, 1989. p.163-179.
28. MALLOY, Robert A. Plastic part design for injection molding: an introduction. Ed. Hanser. 1994.
29. MATTEI, David. CAD/CAM/CAE vendors get in STEP. **Computer**

- Aided Engineering**, USA, Oct. 1995.
30. MATTEI, David. New version of IGES supports B-Rep solids.
Mechanical Engineering, USA, p. 50-52, Jan. 1993.
 31. MILLS, Robert. Collaborate or Evaporate. **Computer Aided Engineering**, USA, Apr. 1996.
 32. MOLDFLOW. MF/FLOW GUI User Manual, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1993.
 33. MOLDFLOW. MF/FLOW Release 7 Analysis & Materials User Manual, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1991.
 34. MOLDFLOW. MF/FLOW Release 7 Flow Pre/Post Processing User Manual, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1991.
 35. MOLDFLOW. MF/Flow Training Manual, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1991.
 36. MOLDFLOW. MF/VIEW GUI User Manual For MOTIF, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1993.
 37. MOLDFLOW. Moldflow Design Principles, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1991.
 38. MOLDFLOW. The Moldflow Project Manager User Manual, Moldflow Pty Ltd, Kilsyth, Austrália, 1993.
 39. NOAKER, Paula M. Collaborative design on a hot seat.
Integrated Design & Manufacturing, Vol. 1, No. 1, USA, Feb. 1997.
 40. PARSAEI, H.R. & SULLIVAN, W.G.. Concurrent Engineering: Contemporary Issues and Modern Design Tools. Ed. Chapman & Hall. 1993.
 41. PRATHER, Julie H.. Videoconferencing. 1996.

In: <http://business.kent.edu/~jprather/jetson.html>

42. RANKIN, Jeffrey J.; OTT, Douglas A. The open approach to FEA integration in the design process. **Mechanical Engineering**, USA, p. 70-75, set. 1992.
43. RETTINGER, Leigh A. **Desktop Conferencing: Technology and Use for Remote Seminar Delivery**. Raleigh, USA, 1995. Thesis (Master Science) - Computer Engineering, North Carolina State University.
44. ROSEN, Evan. **Personal Videoconferencing**. USA: Softbound Ed. , 1996.
45. SILVA, Claudio L. da. Sistemas de Teleconferência. 1996.
In: <http://www.inf.puc-rio.br/~claudiol/projects/vidconf/st/entrada.html>
46. SOHLENIUS, G.. Concurrent Engineering. In: Annals of the CIRP. Vol. 41/2. 1992.
47. VOLPATO, Neri. **Recursos CAD/CAM voltados ao modelamento e à usinagem de cavidades para moldes, com estudos de casos de aplicação**. Florianópolis, 1993. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) - Área de fabricação, Universidade Federal de Santa Catarina.
48. VUOSKOSKI, Juoko. **Exchange of product data between CAD systems and a physics simulation program**. Pori, Finland, 1996. Thesis (Doctor of Technology), Tampere University.
49. WARTHEN, Barbara. PDES shapes data exchange technology. **Computer Aided Engineering**, USA, p.68-72, Feb. 1990.
50. What is ISDN? In: <http://www.microsoft.com/windows/getisdn/>